

Office de la Recherche Scientifique
et Technique Outre-Mer

Service Hydrologique

République du DAHOMEY

Ministère des Travaux Publics

Arrondissement de l'Hydraulique

MONOGRAPHIE de l'OUÉMÉ SUPÉRIEUR



Tome I

1 - Facteurs conditionnels du régime

2 - Équipement Hydrométrique

par

J. RODIER

et

J. SIRCOULON

OFFICE de la RECHERCHE SCIENTIFIQUE
et TECHNIQUE OUTRE-MER

Service Hydrologique

REPUBLIQUE du DAHOMEY

MINISTERE des TRAVAUX PUBLICS

Arrondissement de l'HYDRAULIQUE

MONOGRAPHIE de l'OUERE SUPERIEUR

Tome I

- 1 - FACTEURS CONDITIONNELS du REGIME
- 2 - EQUIPEMENT HYDROMETRIQUE

par

J. RODIER

J. SIRCOULON

1ère PARTIE

- FACTEURS CONDITIONNELS du REGIME -

MONOGRAPHIE de l'OUEME SUPERIEUR

I - FACTEURS CONDITIONNELS du REGIME

1) Facteurs géographiques -

1.1 - Situation générale	page	1
1.2 - Relief	page	2
1.3 - Géologie	page	5
1.4 - Pédologie	page	7
1.5 - Couverture végétale	page	9
1.6 - Réseau hydrographique	page	10

2) Facteurs climatiques -

2.1 - Climatologie générale	page	14
2.2 - Vents	page	18
2.3 - Températures	page	21
2.4 - Humidité relative	page	24
2.5 - Evaporation	page	26
2.6 - Pluviométrie		
2.6.1 - Liste des station pluvio- métriques	page	29
2.6.2 - Hauteurs annuelles et écarts types	page	31
2.6.3 - Homogénéisation des données	page	34
2.6.4 - Variations saisonnières	page	41
2.6.5 - Précipitations journalières et exceptionnelles	page	43
2.6.6 - Irrégularité interannuelle	page	50

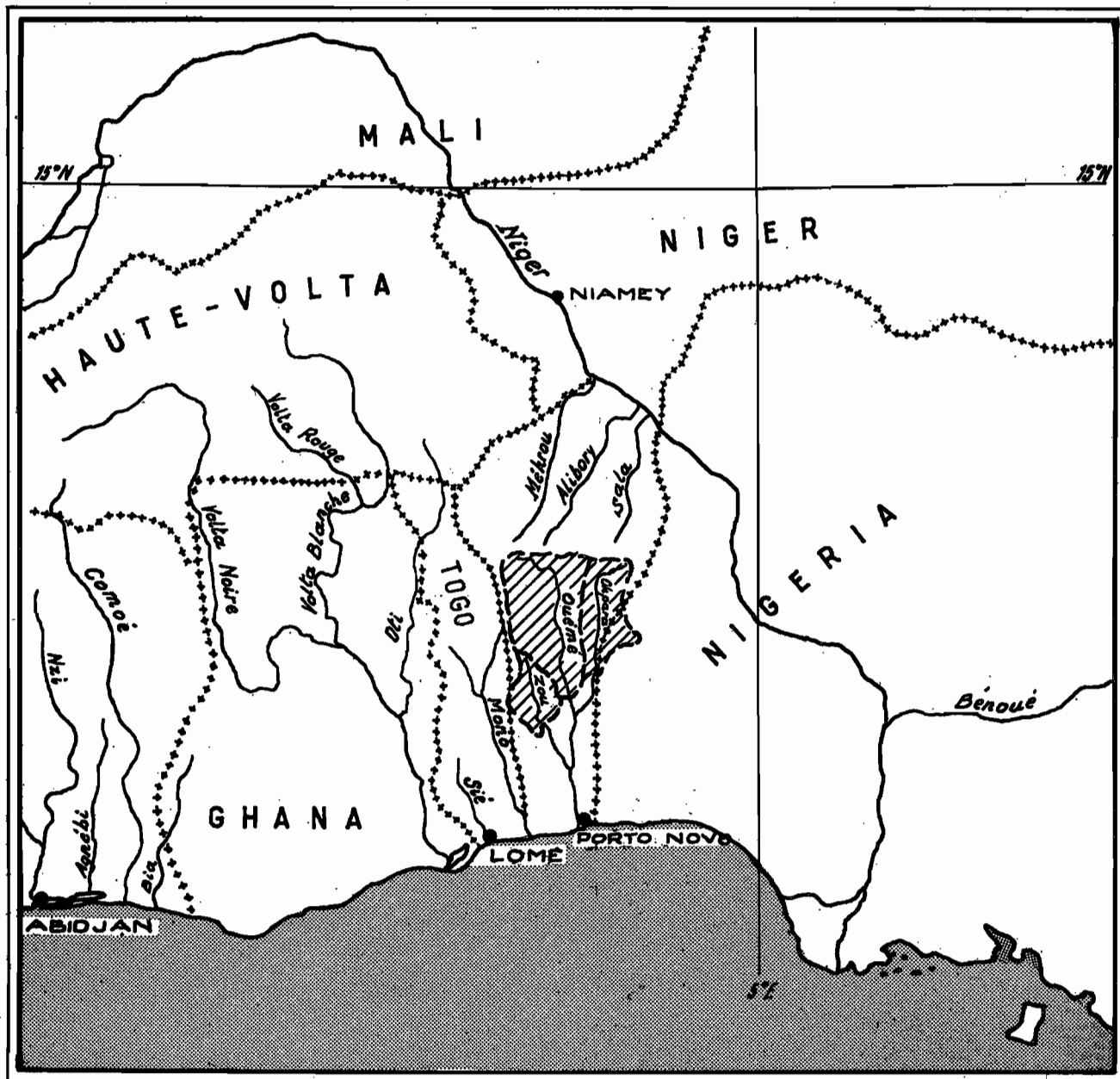
II - EQUIPEMENT HYDROMETRIQUE des BASSINS

1) <u>Stations de jaugeages</u>	page	52
2) <u>Bassins expérimentaux</u>	page	64

Par convention n° 15/61 signée le 4 Mai 1961 entre le Directeur des Travaux Publics du Dahomey et le Directeur Général de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, a été décidé notamment l'établissement de la Monographie de l'Ouémé, comprenant dans une première tranche la partie supérieure de ce cours, correspondant à la zone précambrienne.

Cette Monographie de l'Ouémé supérieur devra rassembler toutes les caractéristiques du régime de ce fleuve établies d'après les résultats disponibles depuis 1951 et les facteurs géographiques et climatologiques qui sont à la base des variations de débits.

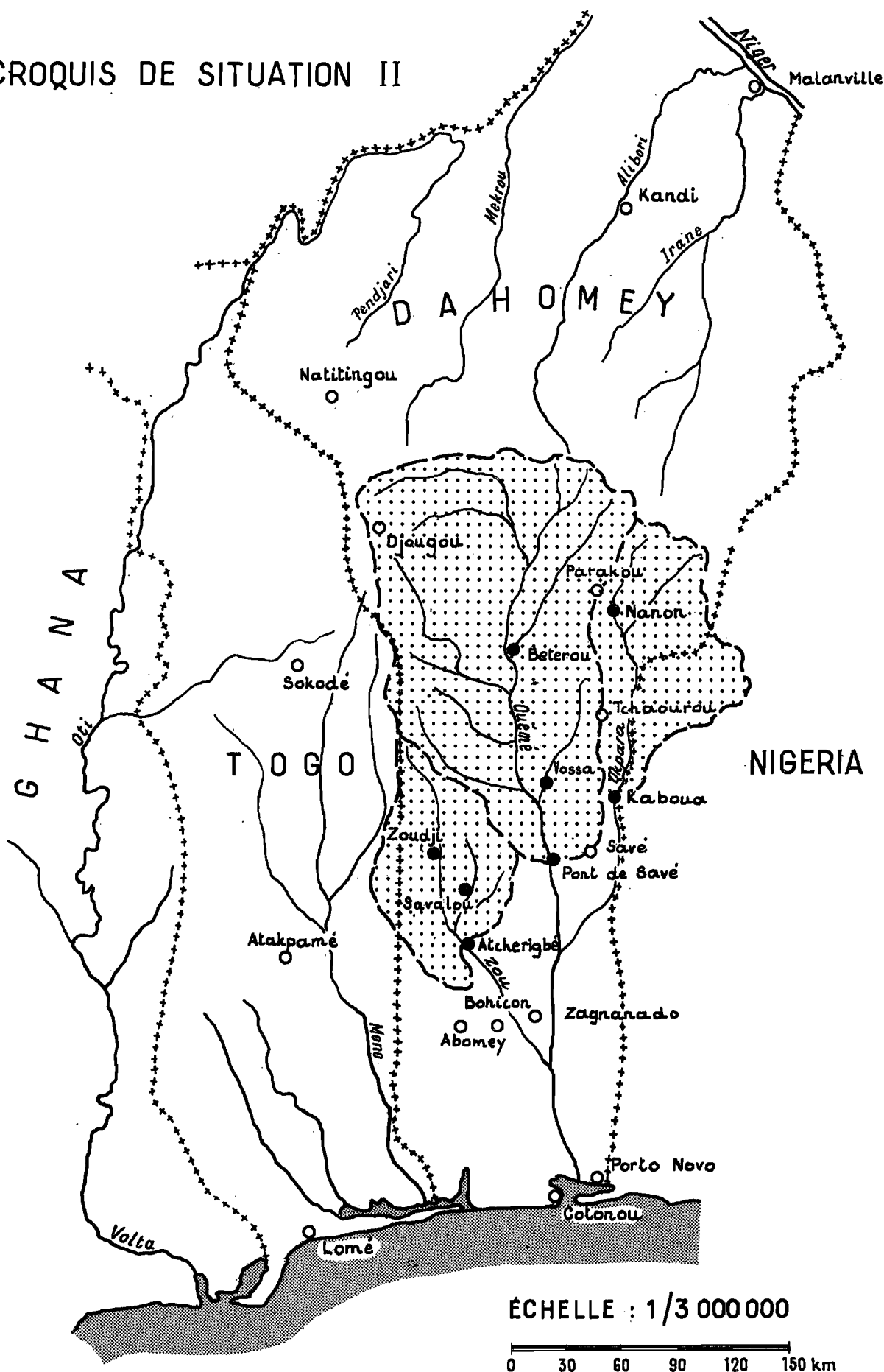
- CROQUIS DE SITUATION I -



Echelle 1/10 000 000



CROQUIS DE SITUATION II



PREMIERE PARTIE

FACTEURS CONDITIONNELS DU REGIME

1 - FACTEURS GEOGRAPHIQUES -

1.1 - Situation générale -

L'OUEME supérieur comporte trois grands bassins orientés nord-sud, comprenant toute la partie centrale du DAHOMEY. Ils correspondent à l'OUEME et à ses deux plus grands affluents : l'OKPARA et le ZOU.

- Le bassin de l'OUEME, sensu stricto, de loin le plus important, est limité au sud par la station hydrométrique du pont de SAVE ; le fleuve a alors un cours de 415 km.

- Le bassin de l'OKPARA, affluent de la rive gauche, limité au sud par la station de KABOUA, située au Nord-Est de SAVE. Sur les 280 km de long que l'OKPARA atteint en ce point, 170 servent de frontière avec le NIGERIA. Une fraction importante de ce bassin se trouve donc dans ce pays.

- Le bassin du ZOU, affluent de la rive droite, est limité à l'aval par la station d'ATCHERIGBE, le ZOU dépasse alors 150 km de long.

L'OKPARA rejoint l'OUEME au sud de SAVE en restant sur le précambrien, le ZOU par contre ne conflue avec ce dernier que dans la zone assez marécageuse de la plaine sédimentaire.

Ainsi dans cette étude, tout se passe comme si nous avions trois cours d'eau arrivant séparément dans le delta de l'OUEME et il faudra additionner leurs apports respectifs pour faire un bilan.

Coordonnées géographiques des bassins :

	OUEME	OKPARA	ZOU
Latitude Nord	7°58 à 10°12	8°14 à 9°45	7°14 à 8°34
Longitude Est	1°35 à 3°05	2°32 à 3°25	1°30 à 2°15

.../...

Le bassin de l'OUEME, sensu lato, est limité au Nord par le bassin de l'ALIBORY qui est le principal affluent dahoméen du NIGER.

La ligne de partage des eaux coulant d'une part vers le Nord, en direction du NIGER et d'autre part vers le Sud, en direction du Golfe de GUINEE, suit à peu près le 10^e parallèle. Elle est assez nette mais n'est marquée par aucun relief particulier.

A l'Ouest se dresse la chaîne de l'ATACORA ; plus au Sud, les bassins togolais du MONO et de son affluent l'OGOU, puis le bassin du COUFFO qui, passant à l'Ouest d'ABOMEY, va se jeter dans le lac ATHIEME, ne sont pas non plus séparés du bassin de l'OUEME par des accidents orographiques qui puissent attirer l'attention.

A signaler qu'une légère partie du bassin du ZOU se trouve au TOGO.

A l'Est, un tiers environ du bassin de l'OKPARA est situé au NIGERIA.

Au Sud nous trouvons le plateau d'ABOMEY.

La superficie totale est légèrement supérieure à 40.000 km² ; voici le détail pour les bassins principaux :

Bassin de l'OUEME à BETEROU	10.325 km ²
Bassin de l'OUEME à SAVE	23.600 km ²
Bassin de la BEFFA au confluent avec l'OUEME	1.870 km ²
Bassin du ZOU à ZOUDJI	2.020 km ²
Bassin du ZOU à ATCHERIGBE	6.950 km ²
Bassin de l'AGBADOA à SAVALOU	1.280 km ²
Bassin de l'OKPARA à NANON	2.065 km ²
Bassin de l'OKPARA à KABOUA	9.600 km ²

1.2 - Le relief - (Carte I)

En arrivant par le Sud, on rencontre d'abord le plateau d'ABOMEY qui tranche sur la zone des plaines souvent marécageuses de l'OUEME inférieur ; on quitte en effet la couverture sédimentaire du bas DAHOMEY pour le vieux socle précambrien, représenté essentiellement par le dahomeyen. On observe sur ces terrains de molles ondulations sur lesquelles ressortent bien les "monts" qui viennent interrompre la monotonie du paysage. Leur hauteur au-dessus de la pénéplaine est faible, elle ne dépasse pas 200 m en général, mais la morphologie due au climat de ces contrées suggère un relief plus important.

Ces collines peuvent être divisées en deux groupes:

a) Celles qui sont formées généralement de granite ou d'orthogneiss se présentent sous forme de dômes ou de pains de sucre dont le profil ressemble à une parabole. Alors que le sommet est arrondi et couvert de végétation, les flancs sont lisses et subverticaux, parfois plus ou moins recouverts d'écaillés de granite, témoins de la desquamation dont il sera question plus loin, à la base la rupture de pente est nette avec existence de pédiments.

La convexité du sommet s'explique soit par le fait que la couverture latéritique, si elle a jamais existé, a disparu par exposition au-dessus des versants élevés et rapprochés, soit par action concomitante des facteurs météoriques, soit par variation de température et pénétration de l'eau.

La paroi abrupte est d'origine tectonique ; on observe fréquemment une desquamation en dalles résultant de l'action physique des fortes variations de température à la surface de la roche provoquant une dilatation plus forte à l'extérieur. Les débris tombés à la base forment une accumulation de plaques, modelées assez rapidement par le ruissellement ou décomposées. Dans cette zone, l'arénisation est importante, les feldspaths altérés tombent en poussière et facilitent ainsi la destruction du reste de la trame granitique.

L'altération peut se manifester sur plusieurs mètres de profondeur, elle est facilitée par le réseau de diaclases existant dans presque tous les granites et qui permettent la pénétration de l'eau.

Au pied de la partie abrupte, le ruissellement est remplacé par une infiltration notable. L'eau infiltrée peut parfois ressortir plus bas, dans les thalwegs, et donner ainsi quelques petites sources utilisées par les villages.

La partie la plus perméable de la zone d'altération est la zone de passage à la roche mère, moins kaolinisée, mais ce n'est pas un caractère constant car on peut trouver dans les arènes kaolinisées des niveaux de perméabilité privilégiés dans une position quelconque, d'où une exploitation très difficile de telles nappes.

Citons dans ce groupe les monts de SAVE bien caractéristiques, ceux d'OUARINARO que l'OUEME longe à l'Est, de BANTE, d'AGOUNA...

.../...

b) D'autres collines se présentent sous forme de chaînons allongés, d'orientation Nord-Sud, à relief plus anguleux ; ce sont les monts gneissiques de SAVALOU ou les monts quartzitiques de DELCASSE, BADAGBA, BEMBEREKE.

D'une façon générale, le pays monte en pente douce vers le Nord. ATCHERIGBE est à 100 m, SAVE à 200 m ; la ligne de partage qui sépare les eaux de l'OUEME et celles des affluents nigériens atteint 400 m en moyenne. Toute la partie Nord-Est du bassin subit l'influence marquée de la chaîne de l'ATACORA. Ce long massif, de direction Nord-Sud au TOGO, s'incurve légèrement vers l'Est en passant au DAHOMEY et prend finalement dans sa partie septentrionale une direction Nord-Est Sud-Ouest, que suivent les principales ondulations.

Bien que son altitude soit relativement peu élevée (elle n'atteint jamais 800 m), l'ATACORA joue un rôle prédominant dans la climatologie de la plus grande partie du DAHOMEY, et plus spécialement dans la pluviométrie.

C'est dans l'un de ses avant-postes, les monts TANEKAS, que l'OUEME prend sa course à 550 m d'altitude.

Dans ces régions, le relief est caractérisé par une série de buttes tabulaires, vestiges d'une vaste cuirasse latéritique. Autour de DJOUGOU, on trouve ces cuirasses témoins plus ou moins démantelées (SOUBROUKOU - FOUNGA par exemple) largement fissurées, elles donnent souvent à la base, au contact des argiles de décomposition, de petites nappes d'intérêt local.

Sur les graphiques n° 1-2-3 ont été tracées les courbes hypsométriques respectives des trois principaux bassins.

Le bassin de l'OUEME au pont de SAVE, dont la superficie est de 23.600 km², présente la répartition suivante.:

- 0,02% au-dessus de 600 m
- 0,08% entre 500 et 600 m
- 7,5 % entre 400 et 500 m
- 55,5 % entre 300 et 400 m
- 27,4 % entre 200 et 300 m
- 9,5 % au-dessous de 200 m

l'altitude moyenne étant de 310 m.

.../...

625 Point culminant

Gr. 1

Hauteurs en m.

L'OUÉMÉ AU PONT DE SAVÉ

Courbe hypsométrique

Altitude moyenne: 310 m

600

500

400

300

200

100

34,876

25

50

75 % de la surface du bassin 100 %

ORSTOM

Ao

DATE : XVI. 01. MCMLXII

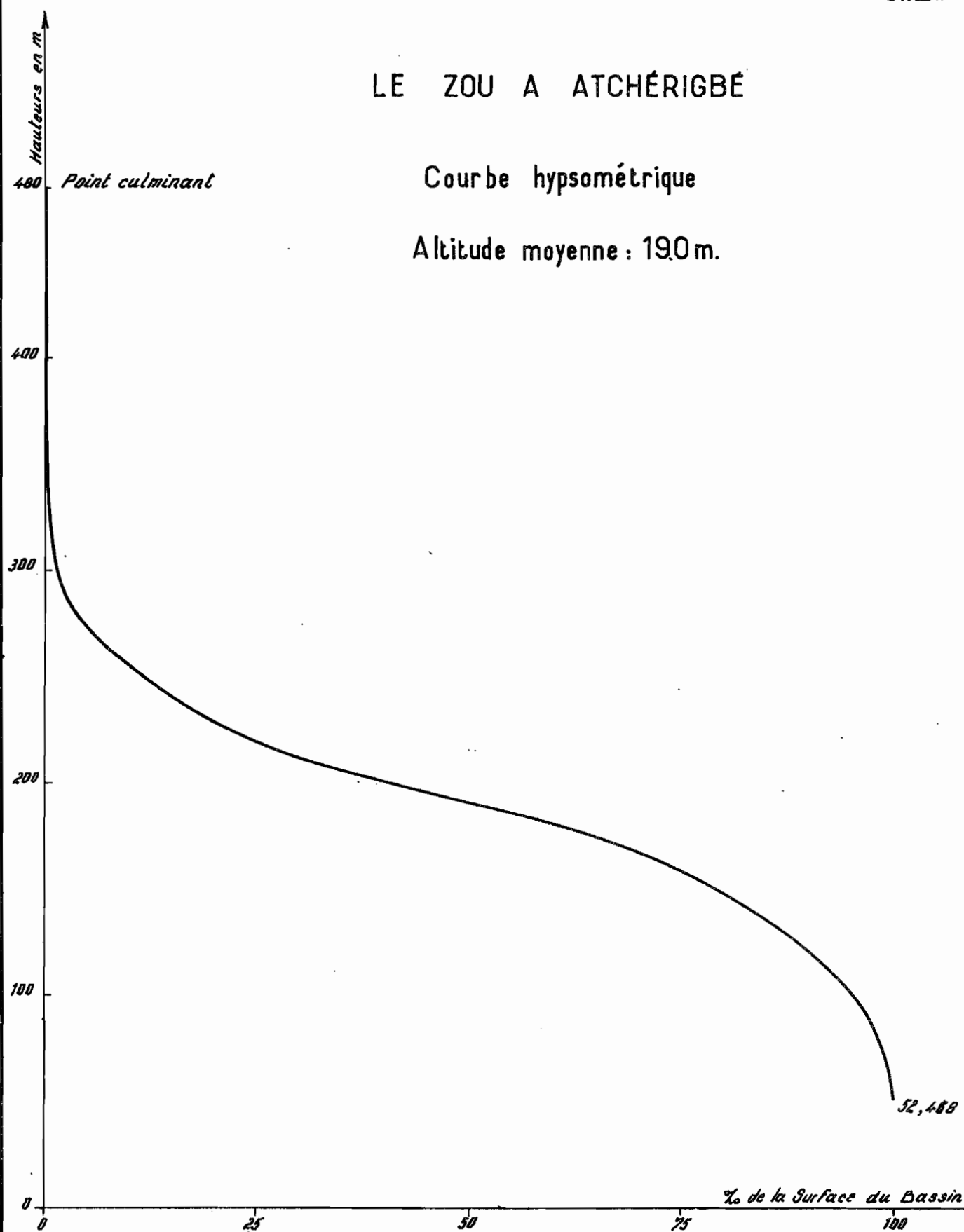
DESSINÉ : J. Kœrber

DAH 141.009

LE ZOU A ATCHÉRIGBÉ

Courbe hypsométrique

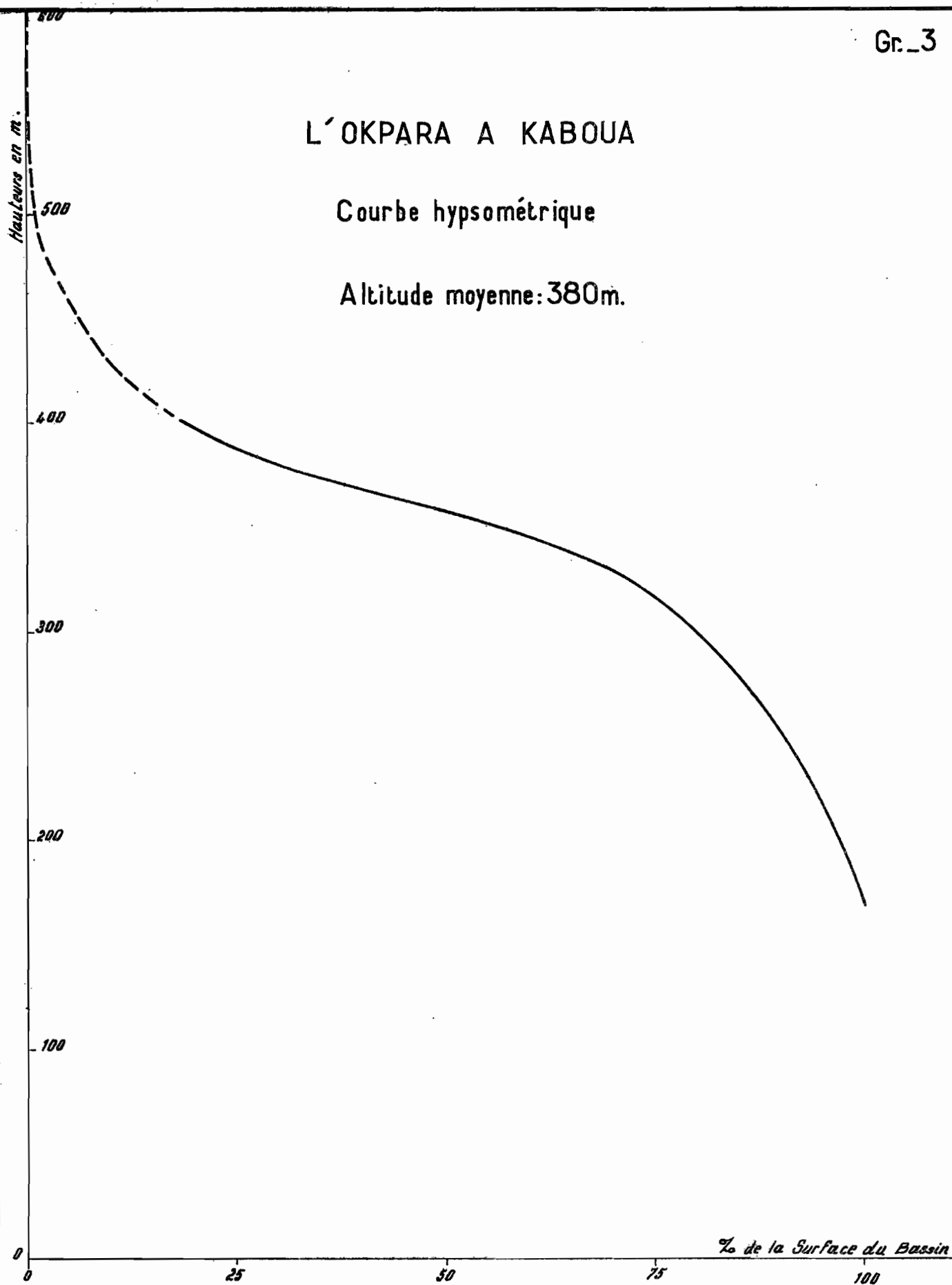
Altitude moyenne : 190 m.



L'OKPARA A KABOUA

Courbe hypsométrique

Altitude moyenne: 380m.



Pour le bassin du ZOU à ATCHERIGBE, dont la superficie est de 6.950 km², nous avons :

- 0,1% au-dessus de 400 m
- 1 % entre 300 et 400 m
- 41,4% entre 200 et 300 m
- 53,6% entre 100 et 200 m
- 3,9% au-dessous de 100 m

l'altitude moyenne étant de 190 m.

Pour le bassin de l'OKPARA à KABOUA, dont la superficie est de 9.600 km², nous avons l'hypsométrie approximative suivante :

- 23% au-dessus de 400 m
- 56% entre 300 et 400 m
- 18% entre 200 et 300 m
- 3% au-dessous de 200 m

l'altitude moyenne étant de 380 m environ.

Il résulte de cette étude que, pour l'OKPARA et l'OUEME, une très grande partie du bassin est comprise entre 200 et 400 m et pour le ZOU entre 100 et 300 m. La superficie au-dessus de la cote 500 est insignifiante ; on en déduit qu'il n'y aura aucune influence de l'altitude sur la température et, par suite, l'évapotranspiration. Par contre, comme il a été dit plus haut, les contreforts de l'ATACORA donneront lieu à des précipitations plus abondantes.

1.3 - Géologie - (Carte II)

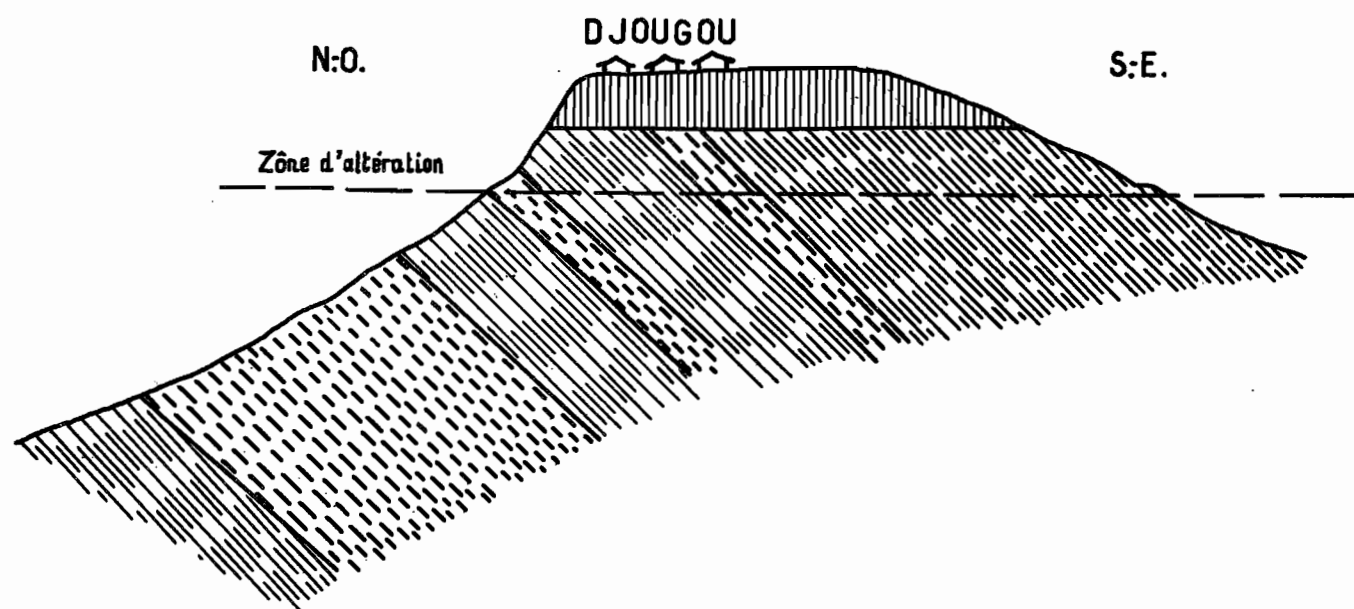
Le bassin comprend uniquement le Précambrien dans lequel nous distinguerons avec M. POUGNET :

- 1 - Le Dahomeyen
- 2 - L'Atacorien
- 3 - Les Granites
- 4 - Les Intrusions basiques.

a) Le Dahomeyen est la série la plus ancienne, il représente une grande partie de l'ancien "socle granito-gneissique", l'autre étant composée de granites intrusifs. Il est constitué d'un ensemble de schistes cristallins plissés de grande épaisseur. Cet ensemble comprend des formations différentes, aussi a-t-il été divisé en groupes pétrographiques ; ceux-ci comprennent des micaschistes, des gneiss à muscovite à deux micas, à biotite et amphibole, des amphibolites, des quartzites, des gneiss à pyroxène

.../...

Coupe dans le plateau de DJOUGOU

*Cuirasse latéritique**Gneiss à 2 micas**Amphibolites*

D'après PUGNET

et des pyroxénites. Ces formations sont le plus souvent métamorphisées dans la zone des gneiss supérieurs. Les micaschistes appartiennent à la zone des micaschistes inférieurs, il existe, en outre, une forte série de migmatites formée aux dépens d'une partie des formations précédentes.

Le Dahomeyen a été plissé suivant une direction générale N.NE. -S.SO. Postérieurement des fractures rectilignes ont donné naissance à des zones de mylonite (la plus importante est celle de l'ALIBORY dans le Nord du DAHOMEY).

Ces plissements donnent l'orientation générale du relief, et les cours d'eau suivent souvent cette orientation.

b) L'Atacorien - Il n'est représenté, ici, qu'aux sources de l'OUEME dans les monts TANEKAS, monts avancés de la chaîne de l'ATACORA, séparés d'elle par des formations schisteuses. Il surmonte le Dahomeyen en discordance. C'est une série de plusieurs milliers de mètres d'épaisseur, formée surtout de quartzites à muscovite, on observe cependant des intercalations de micaschistes. Dans les monts TANEKAS, les micaschistes atacoriens ont été migmatisés par un granite concordant dans ces formations.

c) Les granites - Ils ont une grande extension, on peut les diviser en 2 grands groupes :

1 - Les granites concordants, syntectoniques - En grands massifs, ils sont hétérogènes et présentent des faciès migmatitiques. Ils renferment des migmatites intrabatholitiques et localement des migmatites de bordure, peu développés. Ils sont calco-alcalins. Ce ne sont pas des granites d'anatexie mais des granites à caractère localement intrusif.

2 - Les granites discordants, post-tectoniques - On les trouve en massifs circonscrits de faible étendue, homogènes à bords francs. Ils sont calco-alcalins ou alcalins. Ces granites sont postérieurs aux granites concordants.

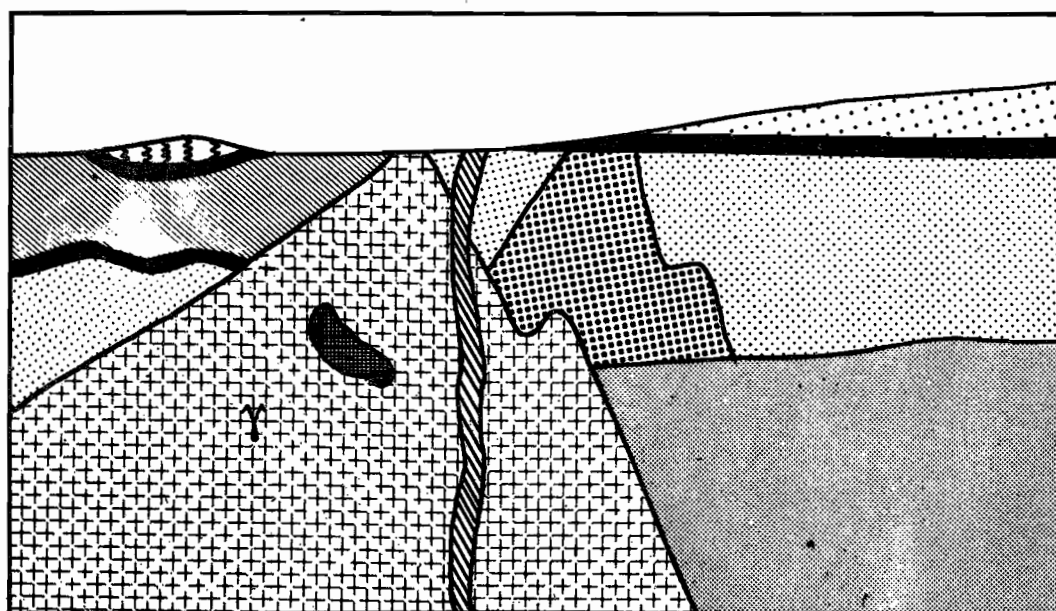
d) Les intrusions basiques - Rares, elles traversent le Dahomeyen et certains granites. Ce sont des intrusions post-tectoniques ; elles comprennent en général des gabbros et des diorites.

On peut citer sur le cours de l'OUEME, à quelques kilomètres au nord-ouest du village d'OKPARA, un massif quasi circulaire de gabbro quartzique renfermant une grande enclave de leptynite migmatitique ; cette roche est très

.../...

DIAGRAMME DES FORMATIONS GÉOLOGIQUES DU DAHOMEY

d'après M.ROQUES



Couverture sédimentaire



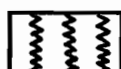
Atacorien



Intrusions basiques



Migmatites dahomeyennes



Formation du Buén



Dahomeyen plutonique



Granites



Dahomeyen sédimentaire



Migmatites entrabatholitiques



Discordance

dure et très compacte, elle crée sur l'OUEME un barrage rocheux, avec des chutes puissantes sur plusieurs kilomètres de large en temps de crue. L'OUEME se divise d'ailleurs en 2 bras, entourant une île d'assez grande dimension.

Toutes ces roches sont imperméables en dessous d'une zone d'altération importante, la carapace latéritique est relativement peu représentée de sorte qu'en général, la capacité de rétention est assez faible et les réserves souterraines s'épuisent rapidement à la fin de la saison des pluies, les rivières sont à sec plusieurs mois par an ; seules les zones fissurées, dans les granites et les arènes granitiques, peuvent emmagasiner une certaine quantité d'eau qui ne contribue d'ailleurs que rarement à alimenter les débits d'étiage.

1.4 - Pédologie -

Nous nous servons ici des rapports pédologiques de M. LAMOUROUX sur les bassins versants expérimentaux du DAHOMEY.

Dans ces régions, on observe les phénomènes classiques aboutissant à la formation d'argiles latéritiques, de sols concrétionnés, de carapaces. Mais les carapaces recouvrant le dessus des plateaux dans le Nord du bassin, vers DJOUGOU par exemple, sont d'âge assez ancien et ne se forment plus actuellement semble-t-il.

Au pied des massifs granitiques, on trouve des colluvions épaisses, les sables sont perméables et peuvent permettre à l'eau de s'accumuler dans les failles et les petites dépressions. Dans les thalwegs entre les massifs, les colluvions évoluent et forment des sols hydromorphes, dans ces sols l'eau peut rester et c'est là que l'on creuse des trous pour récupérer un peu d'eau en saison sèche.

En marge des massifs se forment des sols faiblement ferralitique à concrétions, du fait des pentes moins fortes et d'un lessivage latéral moins important. Sols à concrétions sur cuirasse. On les trouve un peu partout au DAHOMEY, ils ont été assez épargnés par l'érosion qui pénéplanise le socle cristallin. Ce sont de bons sols de culture, mais les cultures trop poussées les transforment rapidement en sols lessivés et concrétionnés à cuirasse proche de la surface.

.../...

Ainsi près de SAVALOU, nous avons :

- de 0 à 25 cm - Horizon brun foncé, faiblement granuleux, sableux, peu humifère.
- de 25 à 70 cm- Horizon ocre rouillé, polyédrique, argileux à concrétions ferrugineuses.
- de 70 à 80 cm- Concrétions de plus en plus abondantes et apparition de la cuirasse.

Ces sols sont très lessivés en surface, sur les plateaux, les colloïdes s'accumulent en profondeur et contribuent à former les concrétions et certaines cuirasses. Sur les pentes, ils sont lessivés latéralement et sont emportés par les eaux ou forment un horizon de concrétions dans les sols alluviaux.

Les eaux circulent en partie sur la cuirasse mais peuvent pénétrer facilement dans ces sols. Elles ressortent dans certains cas en formant des petits marigots à la limite des sols sablo-argileux. Le ruissellement superficiel est important grâce aux pentes assez fortes et aux horizons sablo-argileux des alluvions.

Certains sols sableux à concrétions ont une roche mère à très faible profondeur. Leur pouvoir de rétention faible ne permet pas de constituer de grosses réserves d'eau après les pluies.

Sols alluviaux : Ils sont sablo-argileux, imperméables à une certaine profondeur, les horizons sableux de surface reposent souvent sur des concrétions tendant au cuirassement, surmontant un horizon argileux au-dessus de la roche.

Si ces sols sont assez imperméables en profondeur, leur surface sableuse et un peu humifère absorbe l'eau très rapidement, de petites pluies ou des orages courts ne satureront pas le sol et il n'y aura pas d'écoulement mesurable (bassin versant expérimental de MOUMOUJJI par exemple).

Sols rouges (ferralitiques) : Ils ont une forte ressemblance avec les terres de Barre du Sud-DAHOMÉY. Ils sont assez répandus dans le nord du bassin, M. AUBERT les a reconnus pour la première fois près de DJOUGOU.

Deux phénomènes semblent avoir conditionné leur formation : la roche mère tendre, sans doute amphibolitique ou schisteuse correspondant peut-être à des intrusions amphibolitiques dans les gneiss et d'un autre côté, un enrichissement en hydroxydes par migration à partir des cuirasses demantelées, placées au-dessus. Ces sols sont sablo-argileux, assez épais, bien perméables, très lessivés. Ils retiennent une assez grande quantité d'eau qui est ensuite restituée lentement.

.../...

Les sols sur colluvions granitiques mis à part, tous les sols qui se trouvent sur le socle précambrien gneissique à intrusions granitiques sont proches des sols ferrallitiques à cuirassement plus ou moins important. Ils représentent des gammes de perméabilité assez étendues, ceci résultant de leur mode d'évolution et du lessivage plus ou moins important qui conditionnent leur teneur en argile.

1.5 - Couverture végétale -

Sa densité décroît légèrement du Sud au Nord : on passe de la zone à galeries forestières (très étroites d'ailleurs) au Sud, à la savane boisée classique au Nord.

La savane arborée comprend, en général, un ensemble assez dense d'arbres pouvant atteindre dix mètres avec un important tapis d'arbustes et de graminées s'opposant au ruissellement. La taille et la densité des arbres décroît vers le Nord, à la limite septentrionale du bassin les plus grands arbres ne dépassent guère quatre mètres. Sur les hauts des plateaux couverts de cuirasses latéritiques poussent de petites forêts sèches d'*Isobertia* Doka, les pentes sont couvertes d'une végétation claire à *Hymenocardia*, *Entada*, *Cochlospermum*. Dans les dépressions des massifs granitiques, l'altération des roches produit des terrains assez perméables en surface permettant le développement d'un certain nombre d'arbres exigeants en eau tels que *Elaeis*, cocos par exemple, dans le massif de SAVALOU.

En ce qui concerne la protection du sol contre le ruissellement et l'érosion, il n'y a pratiquement pas de différence entre la savane boisée du Nord et la zone à galerie du Sud du bassin.

Les régions les plus boisées sont souvent protégées des feux de brousse par l'installation de réserves, mais la savane arborée brûle généralement tous les ans, les feux de brousse facilitent le ruissellement et l'érosion d'où un appauvrissement rapide du sol.

La superficie mise en culture est importante, dans ce pays plat, la culture en billons conduit à un pouvoir d'infiltration plus élevé que sur un terrain naturel. Le régime des pluies reportées sur un grand nombre de mois est favorable au développement de la végétation d'où la présence de certains arbres tels les palmiers à huile que l'on rencontre sous l'isohyète 1100 ou 1200 mm, alors qu'en régime tropical, plus typique, ils ne poussent que sous l'isohyète 1400-1500 mm.

.../...

Les cultures vivrières ou industrielles les plus courantes correspondent également à des hauteurs de précipitations annuelles assez élevées. L'assolement triennal classique est le suivant :

Igname	- maïs
maïs	- arachide
mil	- tabac

Les cultures commerciales les plus fréquentes sont les suivantes : arachide, ricin, tabac. Le coton cultivé un peu partout sur le bassin est en voie de régression.

En conclusion, qu'il s'agisse de zones en culture ou de jachères recouvertes par la savane arborée, on retiendra que le pouvoir de freinage de la couverture végétale est considérable.

1.6 - Réseau hydrographique - (Carte III)

Le réseau hydrographique de l'OUEME supérieur forme un éventail dont les branches principales sont le ZOU, l'OUEME (de loin la plus importante) et l'OKPARA. Ces branches ne se réunissent cependant que très tard, en particulier pour le ZOU qui ne rejoint l'OUEME que dans la zone marécageuse.

Les affluents de l'OUEME et de l'OKPARA prennent naissance aux alentours de 400 m d'altitude. On ne peut parler de source, proprement dite, chaque rivière étant formée à ses débuts d'un chevelu important de petits ruisseaux commençant vers le pied des collines ou des buttes de la ligne de crête, la tête de ces ruisseaux correspond parfois à la zone de suintement des eaux infiltrées sur les cuirasses latéritiques.

Le bassin du ZOU a une altitude moyenne assez inférieure à celle des deux autres branches ; la ligne de crête n'est qu'à la cote 200-300 m.

La concavité du profil de ces cours d'eaux est assez nette en général, mais avec parfois des augmentations de pente dans la partie inférieure correspondant à des rapides ou même des chutes comme sur l'OKPARA à l'aval de KABOUA par exemple. Il ne faut pas oublier que nous nous trouvons entièrement sur le Précambrien, celui-ci n'étant recouvert par la couverture sédimentaire que très au Sud, approximativement à partir de la route ABOMEY-ZAGNANADO.

Ainsi des accidents de profil, liés à la nature lithologique des terrains rencontrés, peuvent toujours se produire, par exemple, au sud du Pont de SAVE, près du village d'OKPARA.

Toutes ces rivières n'ont pas encore atteint leur profil d'équilibre et continuent de creuser leur lit.

De façon générale, les pentes sont assez fortes (à l'échelle de l'Afrique occidentale), la première partie du cours a presque toujours un régime torrentiel avec des pentes dépassant 10 m/km ; dans le cours inférieur les pentes sont encore de l'ordre de 1 m/km soit 0,1% en moyenne.

Les vallées présentent toujours le même aspect, sans être très encaissées, elles ont pourtant un lit mineur bien marqué et le lit majeur ne prend jamais une très grande extension, dépassant rarement un kilomètre de large même dans la partie inférieure du bassin.

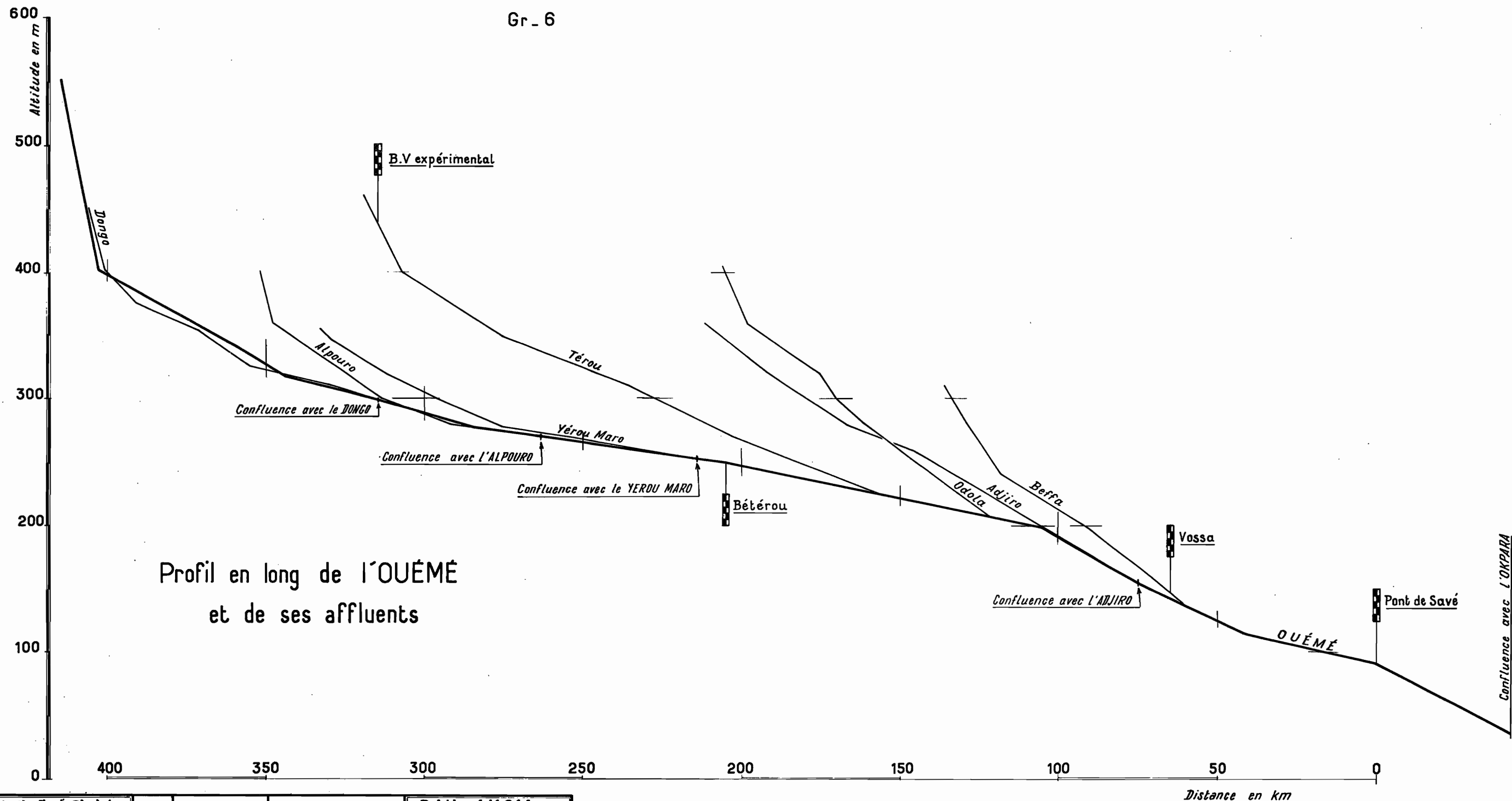
- L'OUEME prend sa source au km 415 dans les Monts TANEKAS, à l'Est du massif de l'ATACORA, vers 550 m d'altitude, le point culminant du mamelon principal étant à 654 m.

Les premiers kilomètres de son cours sont torrentiels (il descend de 150 m en 12 km, soit une pente de 12,5 m/km); il forme un léger arc de cercle à concavité tournée vers le Sud. Au km 344 la pente est encore de 1,5 m/km. Le premier affluent de quelque importance est le DONGA DARO, sur la rive droite, au km 314, qui prend sa source un peu au Nord de la ville de DJOUGOU. Le cours commence à être très sinueux cependant que la pente diminue fortement (0,38 m/km à BETEROU au km 205). Il reçoit sur sa rive gauche l'ALPOURO, au cours assez rectiligne et à faible pente, qui lui donne sa direction Nord-Sud, ensuite viennent le WEWE puis à quelques kilomètres en amont de BETEROU, le YEROU-MARO qui coule parallèlement à l'ALPOURO avec de très nets méandres avant la confluence et dont le cours n'est torrentiel que dans ses premiers kilomètres.

L'OUEME et ses affluents, en amont de BETEROU, constituent un éventail, largement ouvert, dont la pointe est tournée vers le Sud.

De part et d'autre de cette partie du cours, le relief est accentué avec les monts gneissiques d'OUARI MARO à l'Ouest et des falaises quartzitiques de près de 100 m de haut à l'Est.

Gr - 6



Après BETEROU, l'OUEME continue de décrire des méandres cependant que son lit majeur s'élargit progressivement de l'amont vers l'aval en incluant souvent de petites îles. Il reçoit les eaux du TEROU qui a alors 160 km de long et qui provient de la réunion de l'AWO et du DONINGA de direction Nord-Sud. Il reprend le nom de TERO dans sa partie supérieure (étudiée en bassin versant expérimental près de DJOUGOU).

A la cote 210 l'OUEME est grossi de l'ODOLA qui a une pente assez forte (1,7 m/km à la confluence), il longe à l'Est l'ensemble des Monts EKOUI qui culminent à 618 m.

Au km 105, la pente est de 0,5 m/km mais, ensuite, elle augmente de façon sensible, les méandres disparaissent, la vallée restant pourtant peu encaissée.

On observe depuis l'ODOLA des îlots forestiers le long du fleuve. Puis l'ADJIRO de direction Ouest-Est conflue à la cote 155 m au km 75 (pente 1,5 m/km).

Le lit majeur de l'OUEME, où le rocher affleure très fréquemment, est très irrégulier, des étranglements nombreux alternent avec des élargissements atteignant 2 km englobant des îles de grande dimension.

A la cote 150 m, il reçoit sur la rive gauche, la BEFFA, affluent assez important de direction Nord-Sud qui a, sur ses 75 km de cours, une pente presque toujours supérieure à 2 m/km.

A la station de SAVE à la cote 92, la pente est de 0,5 m/km.

Il est intéressant de suivre son cours jusqu'à sa confluence avec l'OKPARA ; on note, en effet, une rapide diminution d'altitude, l'OUEME n'étant plus qu'à 34 m d'altitude, 43 km après SAVE.

Le cours d'abord très resserré et encaissé se divise brusquement en de nombreux bras, présentant des rapides importants ; ils sont dus au gros massif de gabbro de MBETEKOUKOU. Ensuite, la pente redeviendra inférieure à 40 cm/km.

- Le ZOU prend sa source au Sud-Est de la localité de PIRA à 310 m d'altitude au Sud de l'ADJIRO au km 150.

.../...

Il provient de la réunion de nombreux petits marigots. Entre les km 150 et 138, la pente est forte : 6 m/km.

Au km 133, il rencontre l'OMINI sur sa rive gauche. Il prend alors une direction Nord-Sud, coulant dans une vallée assez étroite mais qui s'élargit vers l'aval.

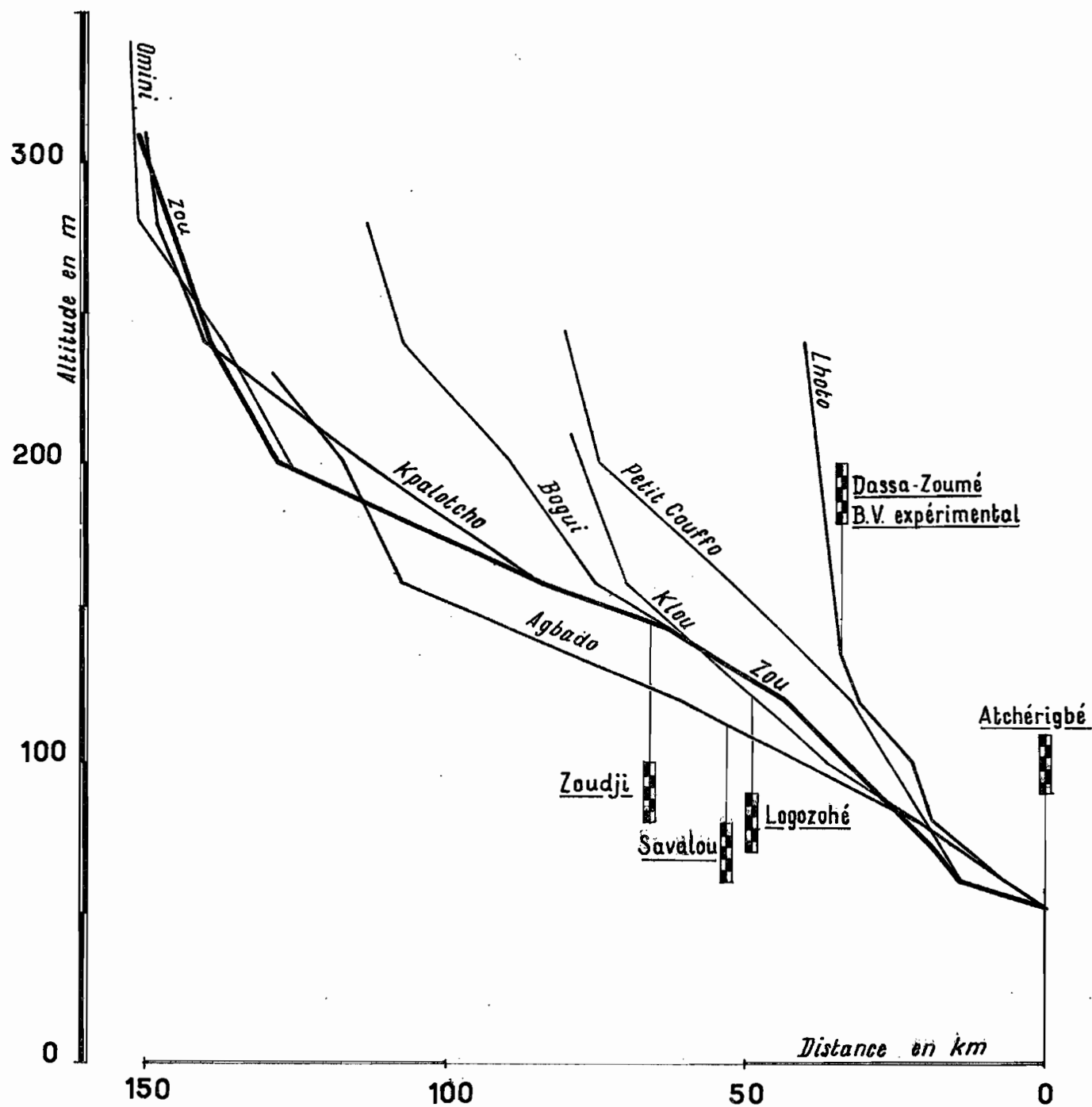
Au km 83, il reçoit l'OTIO provenant des environs de BANTE. La pente n'est plus alors que de 0,9 m/km et il décrit de nombreux méandres. Un peu après la station de ZOUDJI (km 65) arrive le BOGUI, cours plus important et à pente forte. Continuant vers le Sud sans apports latéraux notables, le ZOU décrit toujours des méandres dans une large plaine, il est bordé d'îlots forestiers de plus en plus étendus. La LAIA vient le grossir puis le petit KOUFFO, la pente augmente et atteint 2 m/km au km 8, cependant que la rivière coule sur des quartzites, roches dures. Se dirigeant alors vers l'Est, le ZOU coule dans une vallée plus étroite dont tout le fond est tapissé de forêts. Enfin, à 500 m en amont de la station d'ATCHERIGBE, il conflue avec l'AGBADO, affluent important long de 128 km qui reçoit le KLOU et la LHOTO venant des Monts de DASSA ZOUME, dans le cours supérieur de laquelle existent des bassins versants expérimentaux.

- L'OKPARA, appelé NANO dans sa partie supérieure, prend sa source à 450 m d'altitude au Sud-Ouest de NIKKI au km 362. L'écoulement est torrentiel pendant les premiers kilomètres (8 m/km jusqu'au km 355). Il coule d'abord vers l'Ouest encadré par un ensemble de ruisseaux de même direction. Très rapidement son profil se régularise, la pente devient plus faible, elle n'est plus que de 0,40 m/km au km 315. Il se dirige alors vers le Sud dans une vallée peu marquée, recouverte par la savane arborée. Il reçoit sur sa gauche l'IKOU, le NIORE et le NIESSI qui naissent tous à la même altitude, vers 400 m, dans les collines au Sud de NIKKI. Les méandres sont de plus en plus accentués ; il passe à NANON puis reçoit un affluent notable, le SUI, provenant de la réunion du NOIRE, du GOURI et du SQUARE, ces rivières à faible pente forment en saison des pluies des marécages de plusieurs km de large.

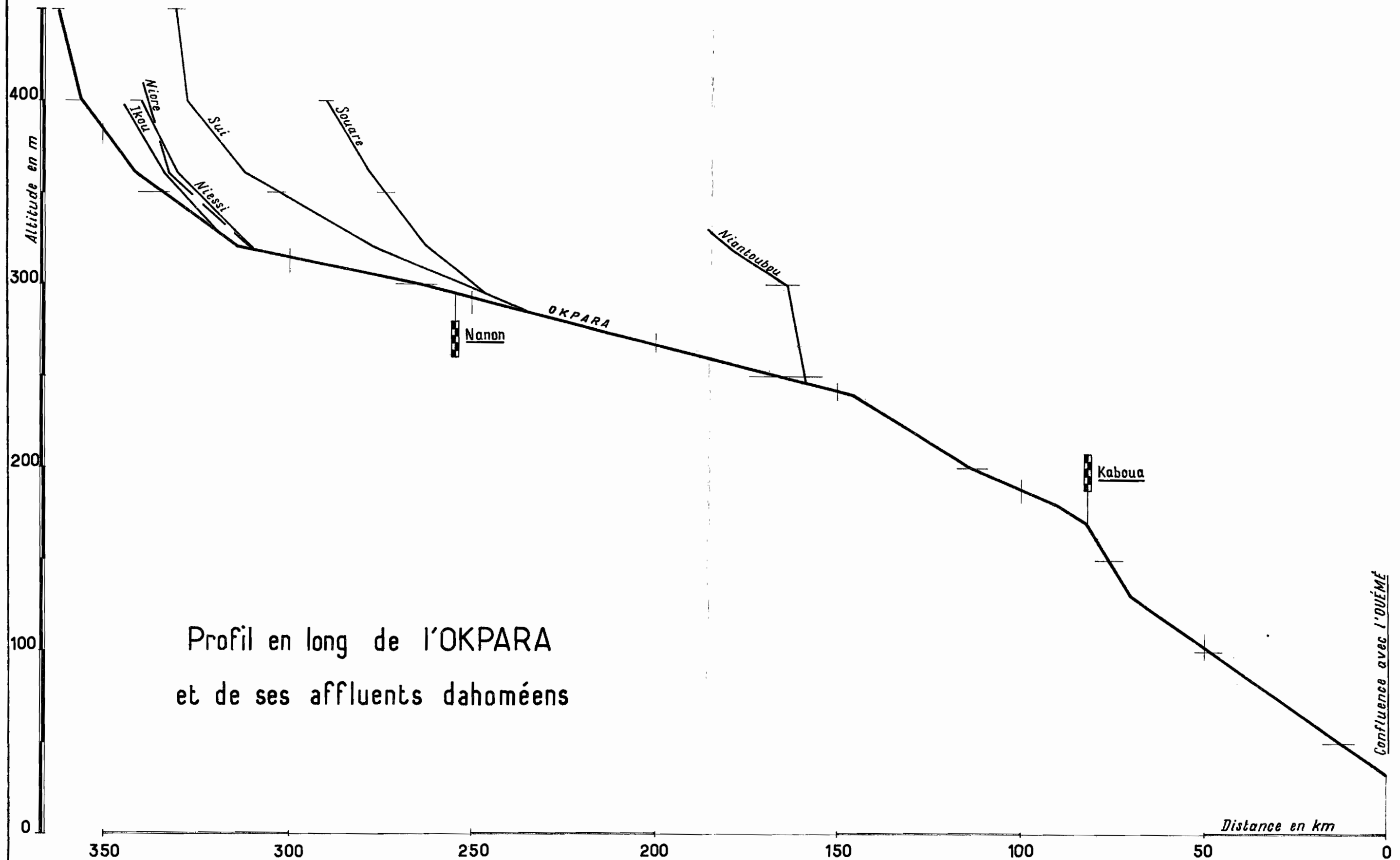
Au km 254, le fleuve constitue la frontière entre le DAHOMEY et le NIGERIA. Le lit majeur s'élargit, le cours est toujours sinueux. Les principaux affluents proviennent du NIGERIA, ils sont malheureusement peu connus. Sur la rive droite assez voisine de la ligne de partage des eaux, ne viennent que de très petits cours d'eau, le plus souvent torrentiels. Puis l'OKPARA coule sur des granites et sa pente augmente légèrement (1,25 m/km au km 114).

.../...

Profil en long du ZOU et de ses affluents



Gr. 8



Profil en long de l'OKPARA
et de ses affluents dahoméens

ORSTOM

A0

DATE 1-63

DESSINE GROTARD

DAH-141016

Le lit apparent subit de grandes variations de largeur, il arrive enfin à la station de KABOUA au km 82 à 175 m d'altitude avec une pente de 0,6 m/km. A faible distance, il présente des séries de cascades. La dénivelée totale est d'une quarantaine de mètres en quelques km. La pente reste forte ensuite jusqu'au confluent, on note une valeur moyenne de 1,35 m/km.

2 - FACTEURS CLIMATIQUES -

2.1 - Climatologie générale -

Le DAHOMEY présente dans l'ensemble de l'Afrique Occidentale une aridité un peu insolite. Ceci est dû essentiellement à deux facteurs principaux, d'abord l'exposition de la côte, relativement protégée des vents d'Ouest, ensuite, la barrière de l'ATACORA à l'Ouest et au Nord-Ouest, modifiant la pluviométrie en l'atténuant.

La plus grande partie du pays, dont les bassins que nous avons à étudier, se trouve soumise au régime tropical de transition. Les pluies, étant nettement plus faibles qu'ailleurs à latitude égale, donnent lieu à un régime tropical de type particulier qu'on appelle variante dahoméenne.

Ce régime est marqué par une saison sèche de Novembre à début Avril et une saison de pluies de fin Avril à Octobre.

Le Sud DAHOMEY, c'est-à-dire la zone côtière, est sous l'influence du régime équatorial de transition boréal. Il est caractérisé par une grande saison sèche de Novembre à fin Mars environ, une première saison des pluies d'Avril à Juillet, une petite saison sèche au mois d'Août puis une seconde saison humide qui s'étend sur Septembre et Octobre.

Le Nord DAHOMEY est, lui, rattaché au régime tropical pur ; on observe une grande saison sèche en hiver et une grande saison des pluies en été.

Les différences de ces divers régimes, ou les caractéristiques climatologiques propres à chaque régime, ne peuvent bien s'expliquer que par une étude simple du mécanisme de la circulation générale de l'atmosphère à ces latitudes.

.../...

On aura à considérer essentiellement deux masses d'air :

- 1) L'air tropical continental - air sec, très chaud en été provenant de l'Est ou du Nord-Est du Sahara. Cette masse d'air est désignée sous le nom d'"harmattan".
- 2) L'air équatorial maritime - air humide, instable, de température relativement fraîche, sa direction est Sud-Ouest. On l'appelle communément "mousson", mot mal choisi car le mécanisme est assez différent de celui de la mousson d'Asie. Cet air provient d'une zone de hautes pressions, centrée sur l'Océan Atlantique austral : l'anticyclone de SAINTE-HELENE.

Ce sont les variations saisonnières des pressions des zones subtropicales qui entraîneront une sorte de glissement vers le Nord ou vers le Sud de l'ensemble de l'atmosphère, c'est-à-dire : l'anticyclone semi-permanent de SAINTE-HELENE, la ceinture des basses pressions tropicales, l'anticyclone continental boréal couvrant le Sahara en hiver et remplacé en été par une zone dépressionnaire.

Il faut envisager ces masses d'air dans leurs deux positions extrêmes :

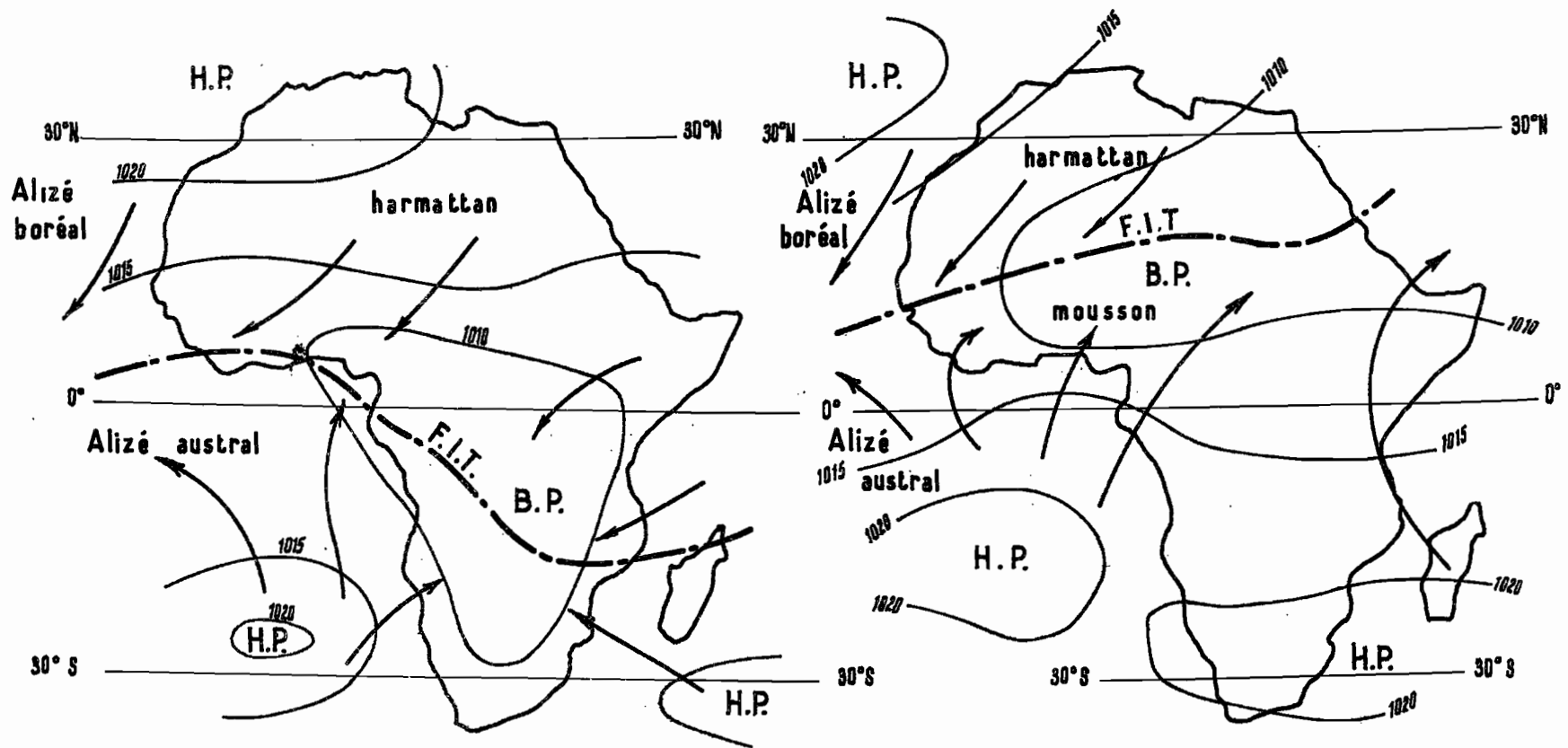
- a) En Janvier, l'anticyclone de SAINTE-HELENE occupe sa position la plus méridionale et l'anticyclone saharien, centré sur le 30° parallèle, est très puissant, l'harmattan souffle fortement et de façon continue du Nord-Est.
- b) En Juillet, l'anticyclone de SAINTE-HELENE est fortement remonté vers le Nord (de 30° à 20° de latitude Sud), le Sahara est occupé par une zone de basses pressions, les vents dominants sont les vents de mousson de direction Sud-Ouest. Ils règnent sur tout le DAHOMEY, l'harmattan très diminué ne se manifestant qu'à des latitudes plus élevées.

Ainsi, on observe alternativement des vents de Sud-Ouest en été et des vents de Nord-Est en hiver, mais ils ne sont pas d'importance égale au DAHOMEY ; alors que la "mousson" se fait sentir loins vers le Nord, l'harmattan ne fait que de rares et brèves incursions dans le Sud du pays. Ceci est dû à la position du front intertropical (F.I.T.). On désigne sous ce nom la trace au sol de la surface de contact entre l'air tropical continental et l'air équatorial maritime.

PRESSION MOYENNE AU NIVEAU DE LA MER ET VENTS RÉGULIERS

en JANVIER

en JUILLET



Le F.I.T. se déplace suivant un mouvement de bascule. En Janvier il se trouve à sa position la plus méridionale vers le 5° de latitude Nord et il remonte jusqu'en Juillet-Août, moment où il atteint sa position la plus septentrionale : 20° de latitude Nord.

Le déplacement du front intertropical vers le Nord provoque des formations nuageuses importantes et des averses orageuses.

Etant placé en un point fixe, à KANDI, par exemple, on peut observer l'évolution atmosphérique, le passage de la saison sèche à la saison des pluies.

Au passage du F.I.T. à la fin de Mars début Avril, il se produit quelques formations nuageuses ; s'il y a peu ou pas encore de précipitations, en revanche, le degré hydrométrique augmente énormément, entraînant une sensation d'étouffement : le mois d'Avril est le mois le plus pénible à supporter.

Le F.I.T. continuant vers le Nord, l'air de la mousson augmente d'épaisseur. Lorsqu'il atteint 7 à 800 m, il se forme une première série de grains s'alignant parallèlement au front intertropical.

Lorsque l'épaisseur est de l'ordre de 2000 m, des tornades se produisent sur des lignes Nord-Sud se déplaçant d'Est en Ouest. Ces tornades sont caractéristiques par leur violence et leur brièveté. Ne dépassant pas plusieurs heures, la hauteur d'eau tombée atteint souvent plus de 50 mm.

Enfin, l'épaisseur de la mousson étant maximale, les formations nuageuses instables de cette masse d'air donnent des pluies prolongées à caractère continu bien moins violentes que les tornades, ce sont les pluies de "mousson", en Septembre, le F.I.T. redescend vers le Sud, il passe à la station d'observation en Octobre. Au lieu de la même série de phénomènes qu'à l'aller, il se produit un arrêt très rapide des précipitations.

L'exemple de KANDI, en régime tropical pur est frappant. Vers le Sud, la saison des pluies tend à s'allonger puisque le F.I.T. passe plus tôt et redescend plus tard mais parallèlement, il tend à se créer un creux de précipitations en Juillet-Août, donnant véritablement une petite saison sèche dans le Sud du DAHOMEY. La latitude explique ce fait : à ce moment-là, en effet, les hautes pressions subtropicales ont poussé la partie dépressionnaire équatoriale loin vers le Nord et occupent la zone côtière du pays.

Dans ces régions en Septembre, le recul de l'anticyclone entraîne une nouvelle saison des pluies jusqu'au passage du F.I.T. à la fin Octobre.

Pour l'étude des caractéristiques relatives au vent, aux températures et à l'hygrométrie, nous nous servons des données relevées à cinq stations principales situées dans le bassin et au voisinage de celui-ci :

Station	Latitude Nord	Longitude Est	Altitude	Date de mise en service
BOHICON	7° 10'	2° 03'	166 m	1940
SAVE	7° 59'	2° 26'	198 m	(1921)
TCHAOUROU	8° 52'	2° 36'	325 m	1937
NATITINGOU	10° 19'	1° 23'	460 m	1921
KANDI	11° 08'	2° 56'	290 m	1921

Kandi est assez au Nord du bassin, mais nous l'avons retenu simplement pour montrer les caractères du climat tropical pur qui affecte une légère portion du bassin.

Pour l'étude pluviométrique, beaucoup plus poussée, les stations sont nettement plus nombreuses. On utilisera les résultats, non seulement de celles situées à l'intérieur du bassin mais également de celles situées à faible distance des limites.

On dispose d'une vingtaine de stations pour une superficie un peu supérieure à 40.000 km² soit une station pour un peu plus de 2.000 km². Malheureusement ces stations ont des observations de durées très inégales et, de plus, une partie du bassin de l'OKPARA se trouve au NIGERIA pour lequel nous n'avons aucun renseignement. La détermination précise de la hauteur de précipitation dans cette zone est donc difficile.

.../...

2.2. - Régime des vents -

De ce qui précède, nous pouvons déduire les grandes lignes du régime des vents :

- les vents de direction Sud, Sud-Ouest dominant pendant la saison des pluies ;
- l'harmattan, vent de direction Est, Nord-Est, domine pendant la saison sèche.

Afin de rendre plus parlante la répartition des divers secteurs en saison sèche et en saison des pluies, on a porté sur chacune des 8 branches de la rose des vents, le rapport entre le nombre de jours où le vent a soufflé dans cette direction et le nombre de jours total de la période considérée.

Etant donné la position du bassin, la saison sèche a été prise égale à cinq mois de Novembre à Mars inclus et la saison des pluies à 7 mois, d'Avril à Octobre inclus. En réalité la durée de ces deux saisons varie avec la latitude. Les vents de S.W. se produisent dès Mars dans le Sud et sont inclus dans la saison sèche alors que, dans le Nord, la mousson se fait sentir plus tard et les derniers coups de vent d'Avril sont inclus en saison des pluies bien qu'il ne pleuve pas encore.

Le graphique de BOHICON montre que les vents de Sud, Sud-Ouest, soufflent toute l'année, les vents de secteur Nord ou Est sont pratiquement inexistantes. L'harmattan ne parvient que rarement à cette latitude, il souffle à peine 10 jours par an.

Le graphique de SAVE (régime tropical de transition) indique la prédominance des vents de secteur Sud en saison humide.

En hiver, les vents de secteur Nord ou Nord-Est sont encore minoritaires, mais l'harmattan se manifeste déjà 20 jours dans l'année, nous sommes cependant très loin de la fréquence des vents d'harmattan observée dans les zones sahéliennes.

Le graphique de TCHAOUROU montre une majorité de vents de secteur Sud-Ouest en saison humide et la proportion notable des vents Nord-Est en saison sèche.

Le graphique de NATITINGOU montre l'accentuation de ces caractères, mais il n'est pas très significatif, en effet la station, située dans le massif de l'ATACORA, se trouve entre deux chaînes de collines d'orientation Nord-Est, Sud-Ouest qui interceptent les vents de Nord, Nord-Ouest et ceux de Sud, Sud-Est.

Enfin le graphique de KANDI (régime tropical pur) semble indiquer la meilleure adaptation aux périodes de référence avec prédominance absolue des vents de S.W. en saison des pluies et des vents d'harmattan en saison sèche. Pendant cette dernière période, les vents sont plus fréquents et plus forts, surtout en Décembre-Janvier ce qui est normal et rappelle ce qu'on observe plus au Nord.

KANDI subit l'harmattan plus de 60 jours par an.

Voici un tableau donnant la répartition des vitesses aux cinq stations étudiées.

Saison sèche (Novembre 54 à Mars 55)

Stations	≤ 1 m/s	2 à 4 m/s	5 à 6 m/s	7 à 14 m/s	15 à 21 m/s
KANDI	71	67	12	1	0
NATITINGOU	115	34	2	0	0
TCHAUROU	97	53	1	0	0
SAVE	109	32	4	2	0
BOHICON	71	73	5	0	0

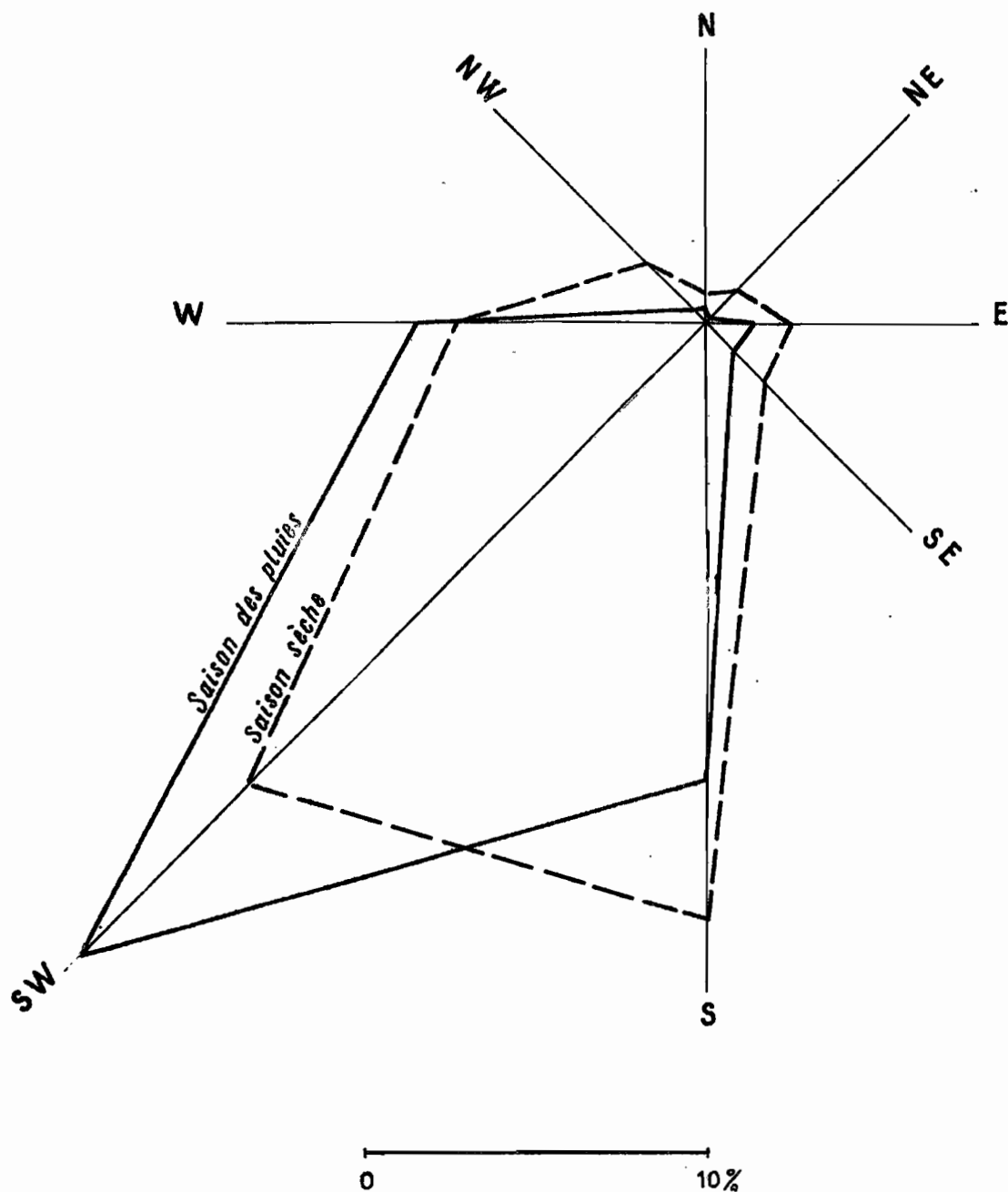
Saison des pluies (Avril 1955 à Octobre 1955)

Stations	≤ 1 m/s	2 à 4 m/s	5 à 6 m/s	7 à 14 m/s	15 à 21 m/s
KANDI	139	66	8	1	0
NATITINGOU	150	61	2	2	0
TCHAUROU	92	118	3	1	0
SAVE	121	71	9	14	0
BOHICON	104	105	6	1	0

.../...

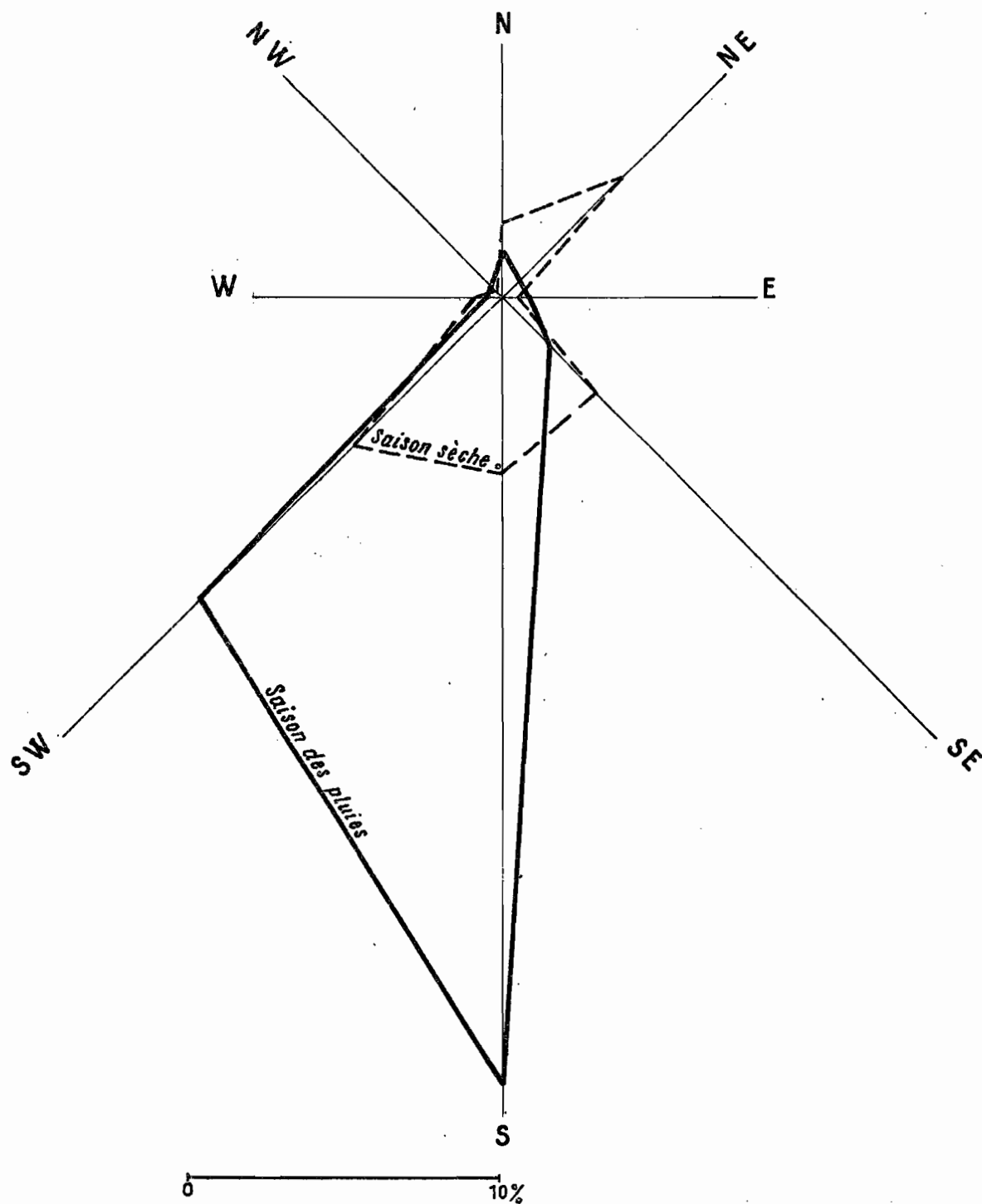
FRÉQUENCES DES DIRECTIONS DES VENTS

BOHICON 1955



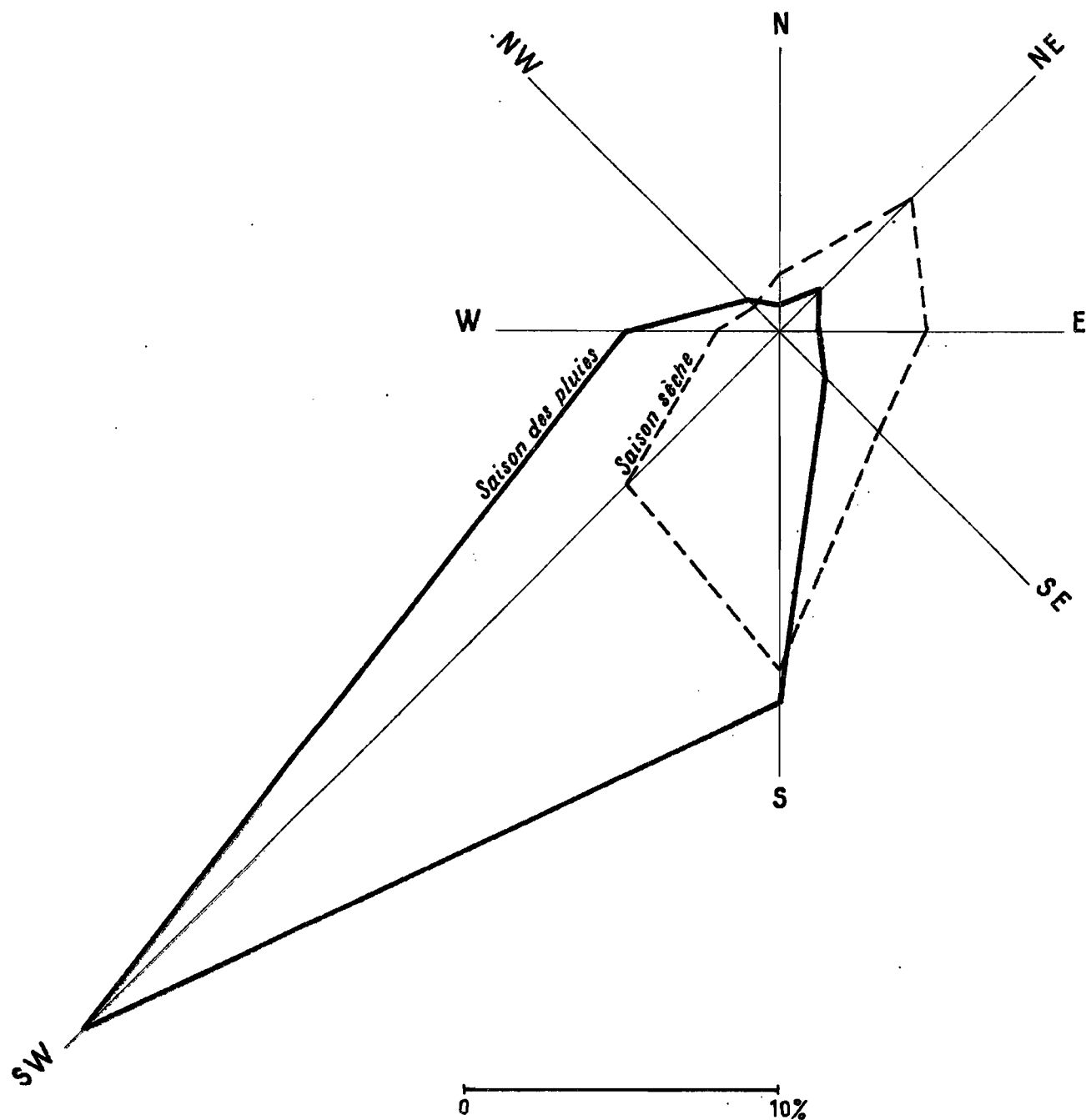
FRÉQUENCES DES DIRECTIONS DES VENTS

SAVÉ 1955

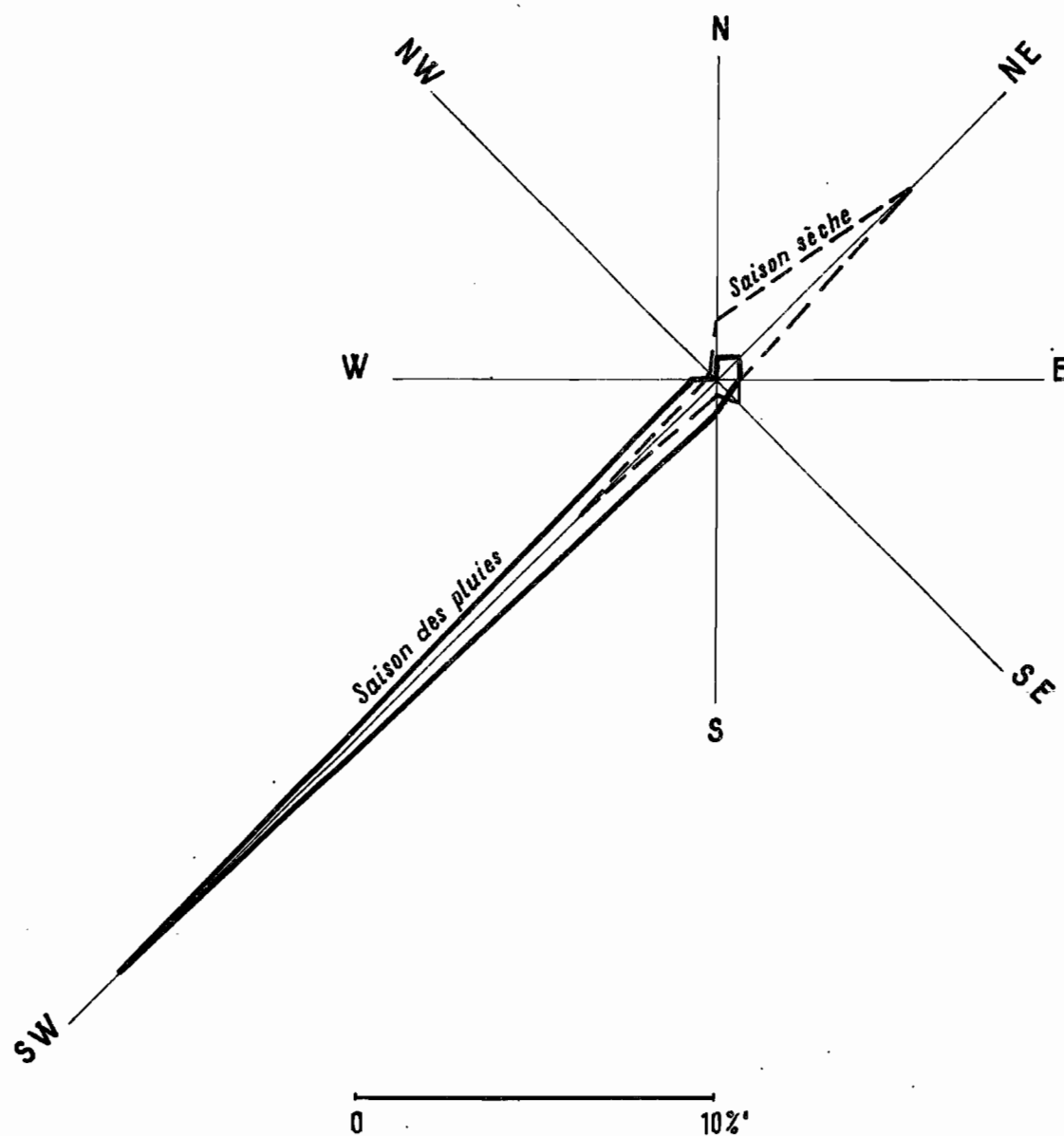


FRÉQUENCES DES DIRECTIONS DES VENTS

TCHAOUROU 1955

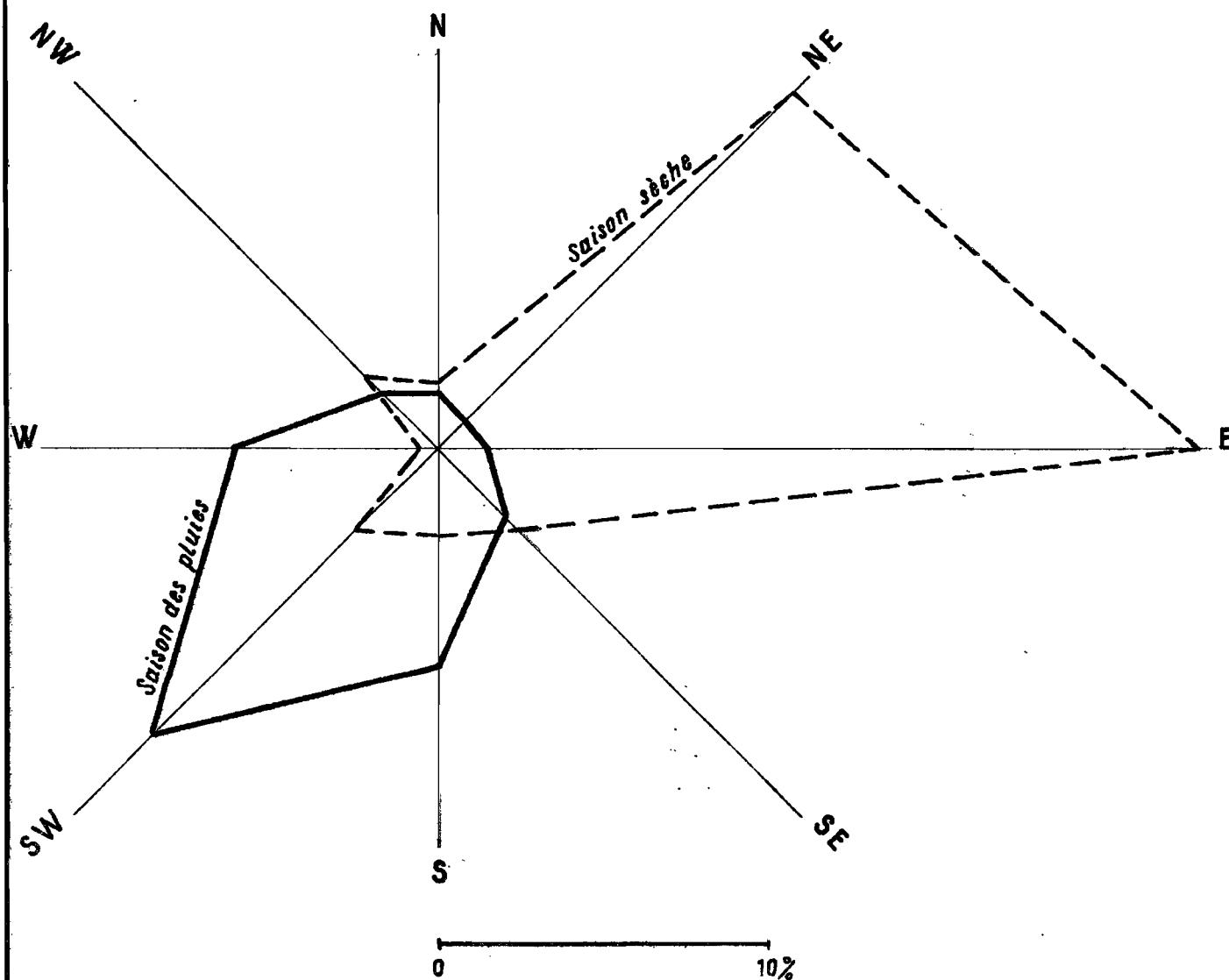


FRÉQUENCES DES DIRECTIONS DES VENTS
NATITINGOU 1955



FRÉQUENCES DES DIRECTIONS DES VENTS

KANDI 1955



Toutes ces stations sont relativement abritées et la proportion de calme est assez importante, de l'ordre de :

50% par an à BOHICON et à TCHAUROU
60 à 65% à SAVE et KANDI
et plus de 70% à NATITINGOU.

En général, les vitesses sont faibles, de l'ordre de 2 à 4 m/s.

Les forts coups de vent sont rares. A la fin de la saison sèche, des vents irréguliers, précédant les tornades, peuvent atteindre 20 m/s au sol (tornades sèches).

L'harmattan peut parfois souffler de façon sensible et faire des incursions dans le Sud en modifiant alors la température et l'humidité relative de façon très caractéristique. Des coups de vent de mousson se produisent également, SAVE en subit tout particulièrement : fréquents en Avril-Mai (début de la saison des pluies) leur valeur reste pourtant modérée, puisque inférieure à 15 m/s.

Enfin un tableau montre la variation du nombre de jours de vents du S.W. et d'harmattan en fonction de la latitude.

Année 1 9 5 5			
Stations	Latitude	Nombre de jours de vent du S.W.	Nombre de jours d'harmattan
BOHICON	7° 10	145	12
SAVE	7° 59	102	18
TCHAUROU	8° 52	124	27
NATITINGOU	10° 19	68	29
KANDI	11° 09	40	68

Il faut noter que SAVE est moins bien exposé que TCHAUROU d'où le nombre de jours de vent de S.W. moins élevé, et d'autre part, à NATITINGOU les valeurs sont systématiquement trop faibles puisque seuls les vents de Nord-Est ou de Sud-Ouest peuvent se manifester.

.../...

2.3. - Les températures -

Les variations de température dépendant de deux phénomènes dont les influences, variables avec la latitude, se superposent.

a) Le rafraîchissement hivernal - De façon générale, la variation d'incidence des rayons solaires à la surface de la terre au cours de l'année, entraîne une variation de l'intensité du rayonnement solaire ; il en résulte une saison froide en hiver et une saison chaude en été dans l'hémisphère boréal.

A l'équateur, la valeur de l'intensité est à peu près constante toute l'année, elle est beaucoup plus forte l'été que l'hiver aux hautes et moyennes latitudes. Nous aurons donc un effet de rafraîchissement augmentant avec la latitude.

KANDI qui se trouve bien au Nord du bassin, en régime soudanien, a un minimum d'hiver bien net, mais cet effet diminue sensiblement en allant vers le Sud : à BOHICON, station météorologique la plus méridionale, on n'observe plus qu'un minimum faible et secondaire. En effet, il vient s'ajouter à ce premier processus, un second qui est le rafraîchissement estival de la mousson.

b) Le rafraîchissement estival est dû à l'influence de la mousson, il correspond à une augmentation de la nébulosité et à l'apparition de la pluie.

Il est suffisamment important pour que le minimum diurne ait lieu en été sur tout le bassin.

Il est de plus en plus marqué vers le Sud ; on observe conjointement une diminution des écarts diurnes.

Ainsi, à BOHICON ou à SAVE, le minimum principal de température s'observe en Août.

La température moyenne devrait normalement croître régulièrement du Sud au Nord sous ces latitudes ; en fait, la variation est assez irrégulière comme on peut le voir ci-dessous :

27° 5 à BOHICON
27° 5 à SAVE
26° 5 à TCHAOUROU
26° 7 à NATITINGOU
27° 8 à KANDI

.../...

La valeur déficitaire de TCHAOUROU et NATITINGOU s'explique par l'importance plus grande des précipitations à ces stations, l'altitude a également une légère influence et de plus, TCHAOUROU est particulièrement exposé à l'action rafraîchissante des vents de S.W. en été.

Sur les graphiques ci-après, ont été représentées les variations des moyennes mensuelles des températures diurnes, nocturnes et des écarts aux cinq stations principales.

Sur le graphique de KANDI, on note un premier minimum diurne en Décembre-Janvier de 35° environ (le minimum nocturne est de l'ordre de 16°). La moyenne nocturne est de $15^{\circ} 7$ pour le mois de Janvier, c'est la valeur la plus basse de l'année. Nous observons un rafraîchissement hivernal bien marqué avec un écart diurne important (maximum en Janvier avec $19^{\circ} 8$).

Les températures diurnes et nocturnes croissent jusqu'en Mars-Avril, fin de la saison sèche, cette période est la plus pénible de l'année, l'humidité de l'air augmentant rapidement. Le maximum diurne est en Mars avec $38^{\circ} 8$.

En Mai, commence vraiment la saison des pluies, les températures diurnes baissent et l'on remarque un minimum en Août avec $29^{\circ} 7$ (celui-ci nettement inférieur au minimum de Janvier: $34^{\circ} 5$).

L'amplitude diurne a alors sa plus faible valeur avec $7^{\circ} 7$.

Les pluies décroissent et cessent à la fin Octobre, la température diurne passe par un maximum secondaire de $35^{\circ} 9$ en Novembre. La température nocturne baisse rapidement pendant ce même mois.

Les maximums et minimums absolus journaliers sont de $46^{\circ} 0$ en Avril et de $9^{\circ} 5$ en Janvier.

.../...

Sur le graphique de NATITINGOU, on observe les mêmes variations que pour la station précédente, en moins accentué. Faible amplitude des minimums ; le minimum nocturne se trouve en Janvier avec $19^{\circ}2$, le maximum nocturne en Avril avec 23° . Les températures croissent jusqu'en Mars-Avril, puis décroissent ; le maximum diurne est en Mars avec $36^{\circ}8$, le minimum diurne est en Août avec $28^{\circ}6$ (contre $33^{\circ}8$ en Janvier). L'amplitude diurne présente à ce moment-là sa plus faible valeur : $6^{\circ}9$, la plus grande valeur des écarts diurnes étant en Février avec $15^{\circ}4$.

Sur le graphique de TCHAOUROU, le rafraîchissement estival est encore plus marqué ; les températures sont plus faibles en général, l'amplitude de variations de la température nocturne au cours de l'année est encore plus faible.

On observe un minimum de température nocturne en Décembre avec $18^{\circ}3$, le maximum diurne est en Mars avec $36^{\circ}3$, le minimum principal en Juillet avec $26^{\circ}5$. La valeur de l'écart diurne varie encore beaucoup, mais il faut noter que l'amplitude en Juillet n'est que de $5^{\circ}7$. Nous sommes en plein régime tropical de transition, l'effet hivernal est limité et bref, l'action de l'harmattan ne se fait presque plus sentir, celle de la mousson va par contre prédominer de plus en plus en allant vers le Sud.

Sur le graphique de SAVE, les caractères décrits ci-dessus s'accroissent, le rafraîchissement estival domine, le minimum nocturne est en Août $20^{\circ}8$ alors que jusqu'ici le minimum nocturne était dû à l'effet d'hiver, les variations sont de moins en moins marquées puisque le maximum nocturne n'est que de $23^{\circ}3$. Le maximum diurne est en Mars avec $36^{\circ}1$, son minimum en Juillet avec $26^{\circ}9$. Les valeurs extrêmes de l'amplitude diurne diminuent (entre $7^{\circ}1$ en Juillet et 13° en Janvier).

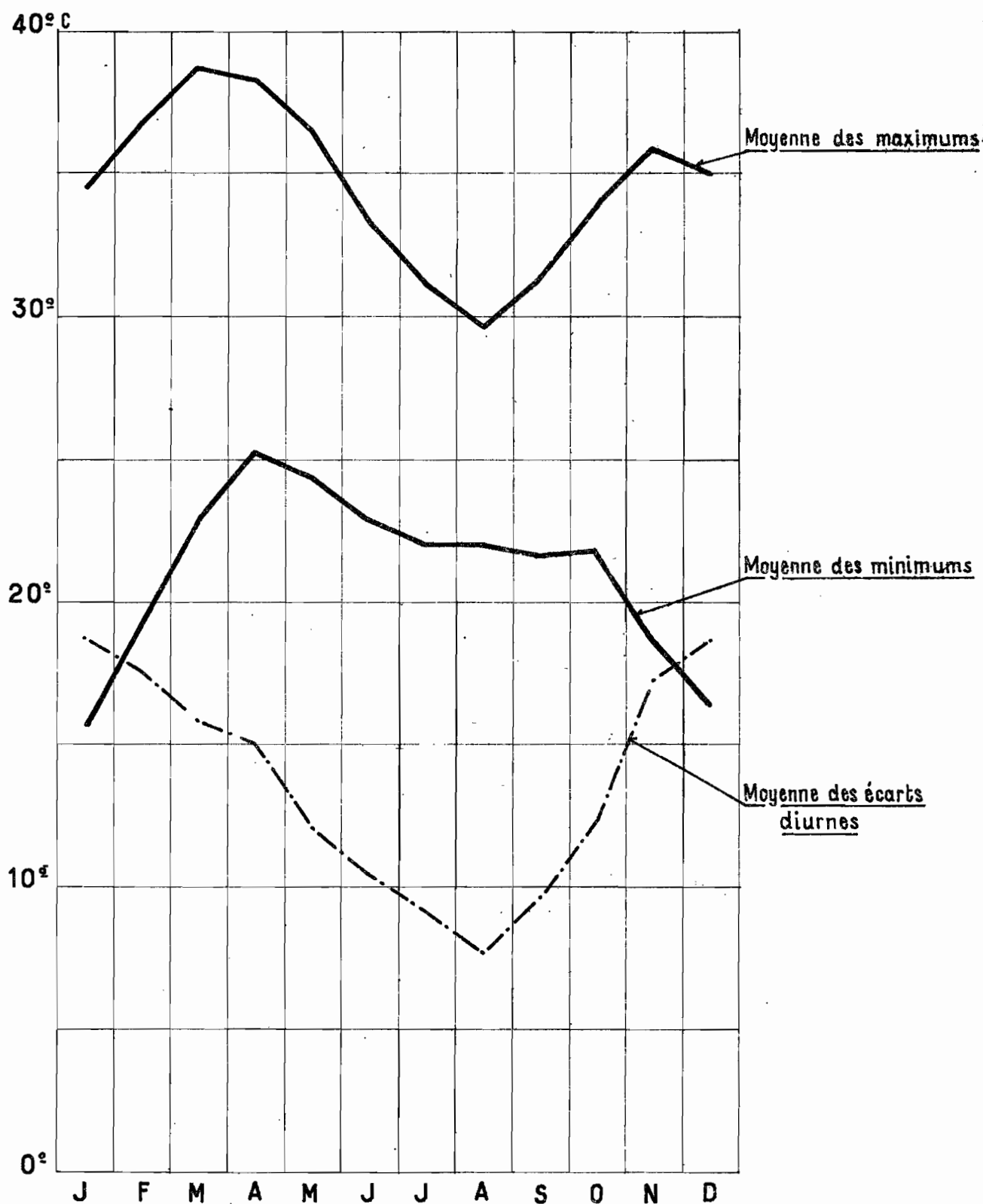
Le graphique de BOHICON, à 7° de latitude Nord, est comparable à celui de SAVE mais les écarts diurnes sont encore plus faibles ($7^{\circ}1$ et $11^{\circ}6$).

On notera que les températures maximales diurnes sont assez élevées à la fin de la saison sèche : 36 à 39° ; il en résultera à cette époque une évaporation intense, comme on le verra plus loin.

.../...

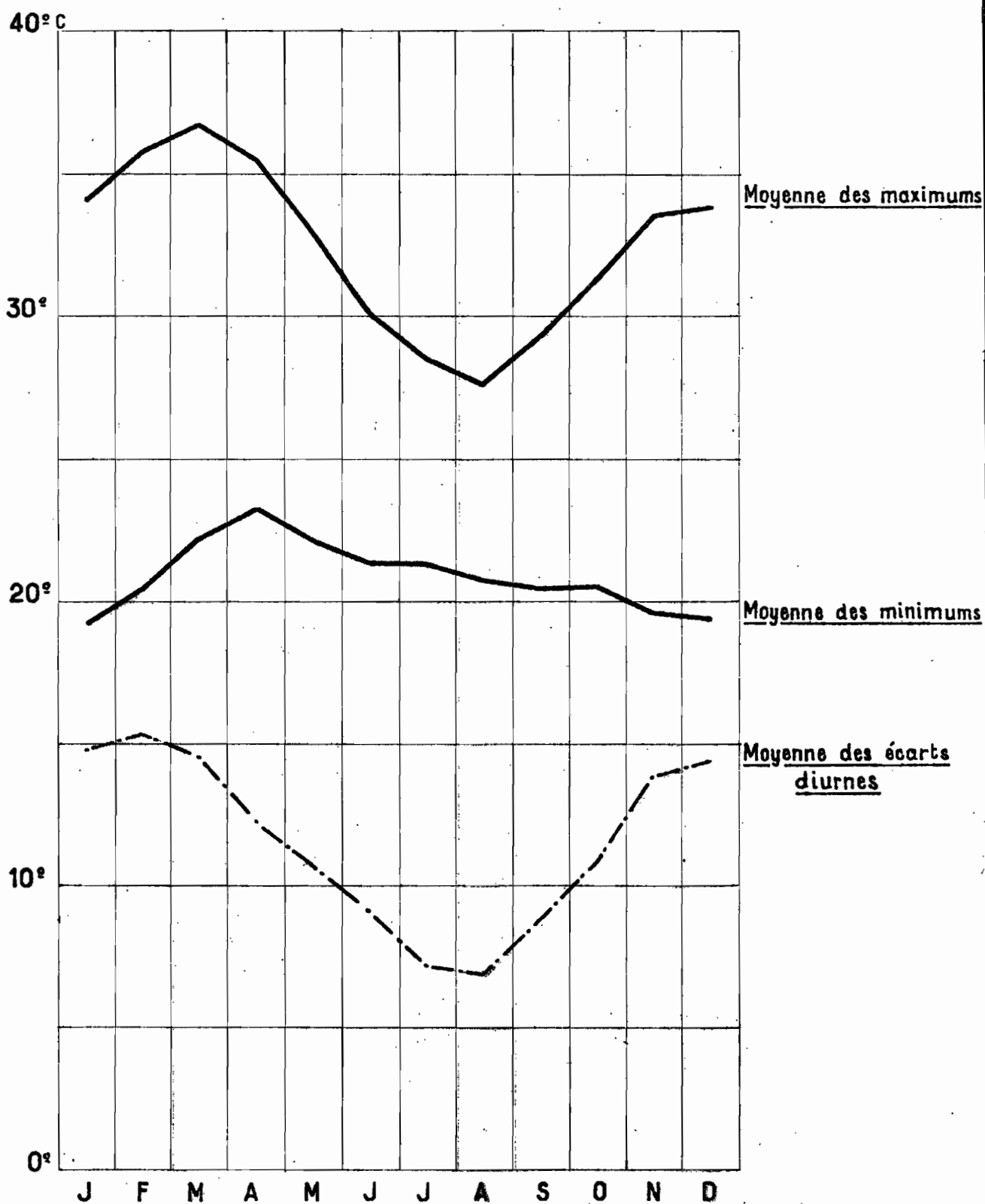
VARIATIONS MENSUELLES DES TEMPÉRATURES

KANDI 1937-1949



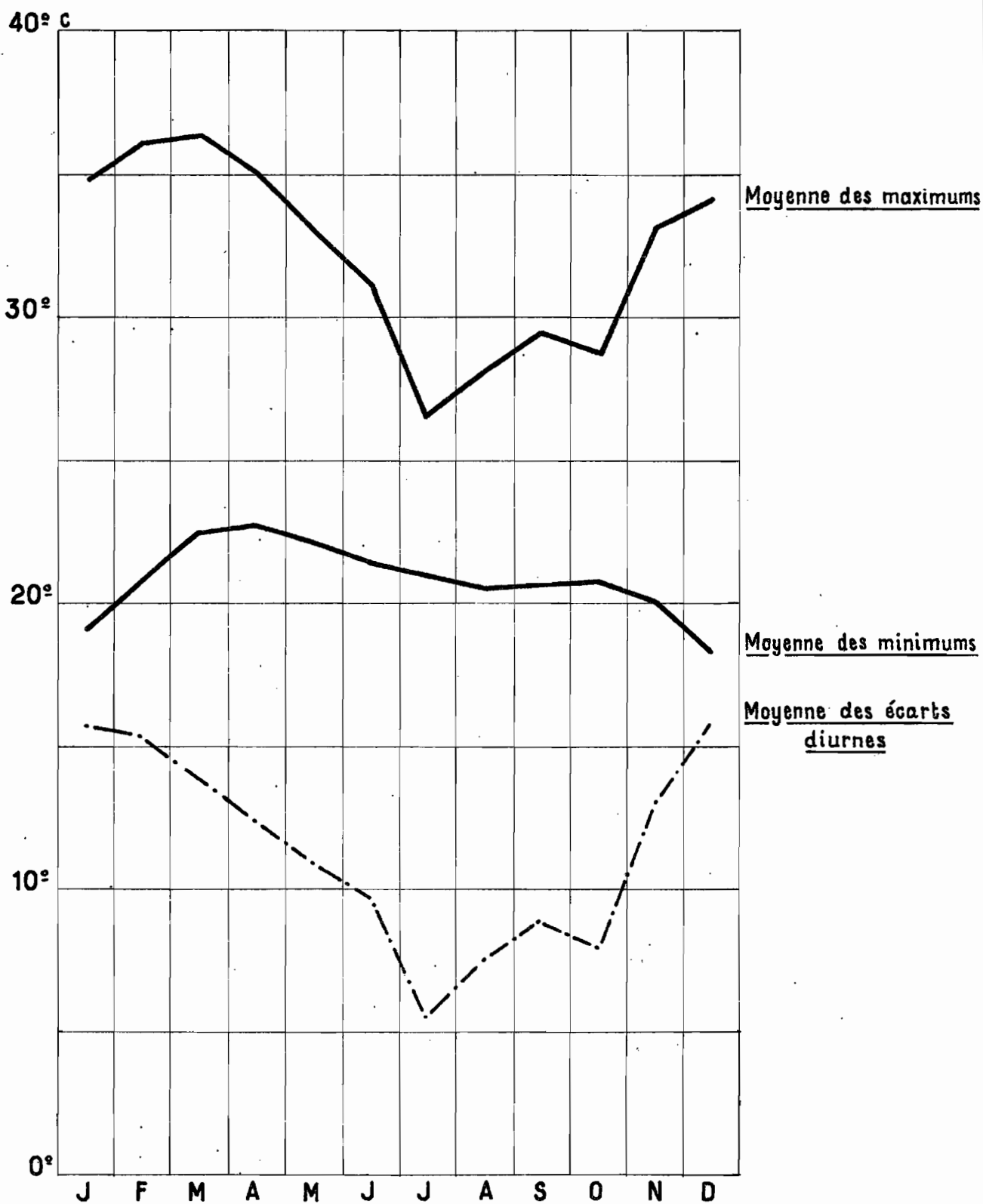
VARIATIONS MENSUELLES DES TEMPÉRATURES

NATITINGOU 1926-1949



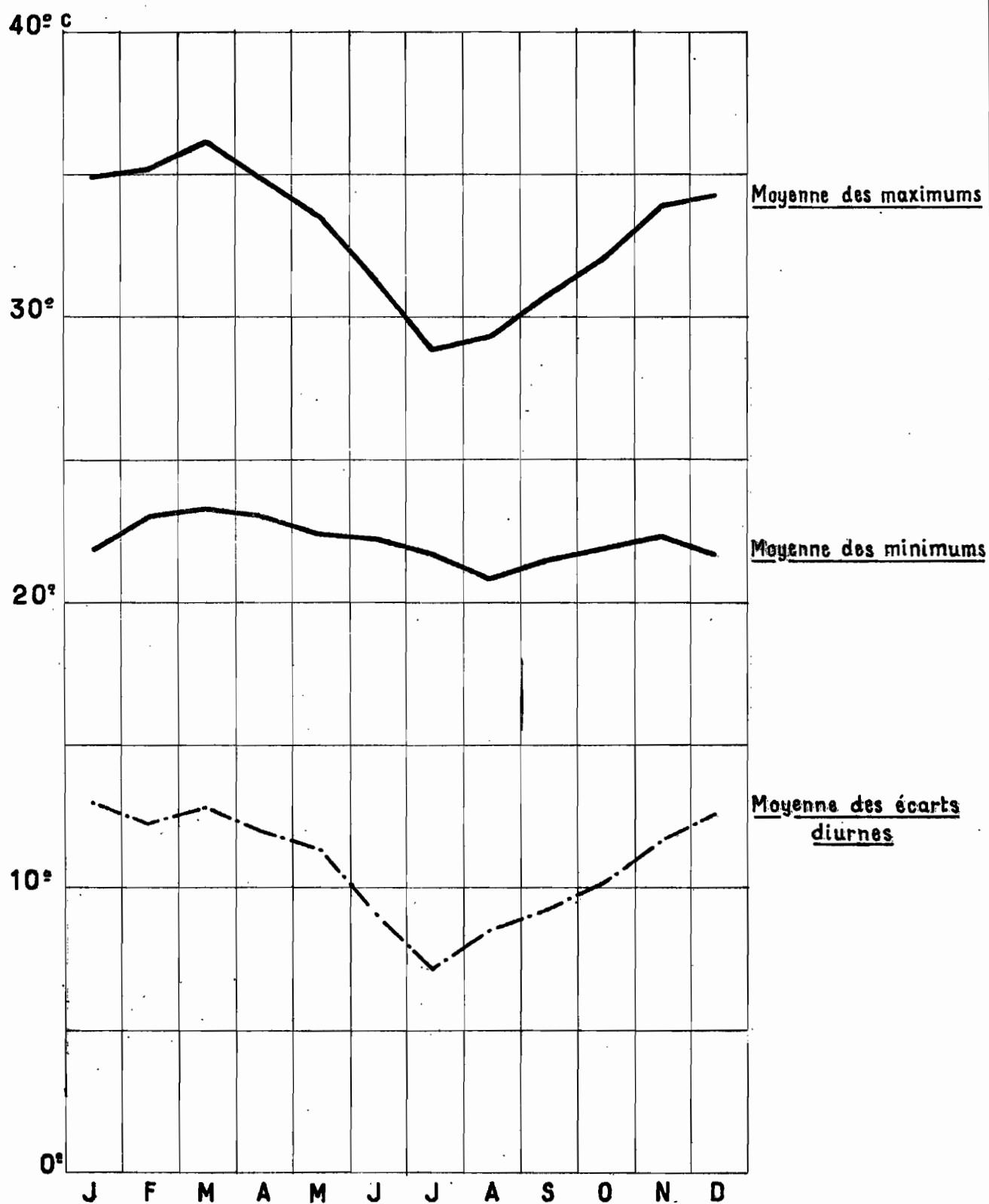
VARIATIONS MENSUELLES DES TEMPÉRATURES

TCHAOUROU 1937-1949



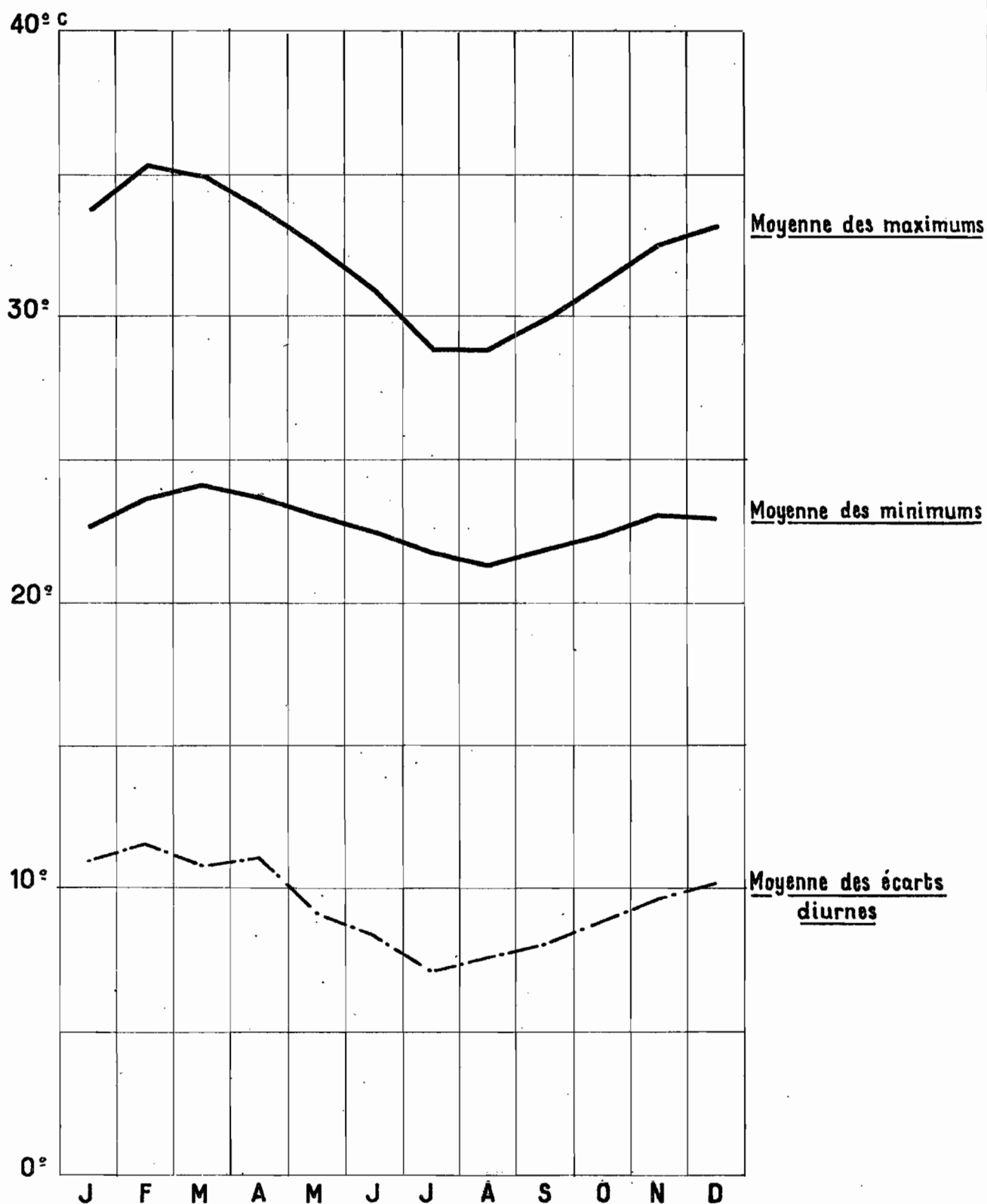
VARIATIONS MENSUELLES DES TEMPÉRATURES

SAVÉ 1938-1949



VARIATIONS MENSUELLES DES TEMPÉRATURES

BOHICON 1940-1949



2.4. - Humidité relative -

Les moyennes annuelles des humidités relatives journalières maximales et minimales pour la période 1951-1955 sont les suivantes aux cinq stations principales :

Station	Humidité relative en %	
	Moyenne des maximums	Moyenne des minimums
KANDI	80	39
NATITINGOU	81	43
TCHAOUROU	93	48
SAVE	96	51
BOHICON	97	55

L'observation de ce tableau montre la décroissance très régulière des moyennes en allant vers le Nord.

Variations saisonnières.

L'humidité minimale, élevée en saison des pluies (elle oscille entre 60 et 70%), décroît dès la fin des précipitations et atteint sa plus faible valeur vers la fin de la saison sèche, avant l'influence des premiers vents de S.W., vents humides. Ce minimum se situe en Janvier - Février dans le Sud (30-40%) et au mois de Mars dans le Nord du bassin (20% environ) où la "mousson" ne se fait sentir que plus tardivement.

L'humidité maximale, d'amplitude quasiment nulle à BOHICON, en régime équatorial de transition, et presque de 100% toute l'année, va s'abaisser progressivement pendant la saison sèche lorsqu'on s'élève en latitude. A SAVE, un léger creux se produit en Décembre et gagne Janvier à TCHAOUROU ; en même temps, l'amplitude annuelle de l'humidité relative maximale augmente considérablement.

A NATITINGOU comme à KANDI, elle est pratiquement absolue en pleine saison des pluies, c'est-à-dire en Juillet-Août-Septembre ; à la fin Octobre, elle baisse rapidement pour avoisiner 50% en Janvier-Février.

.../...

En fin de saison sèche, l'humidité relative remonte fortement pendant la nuit et permet parfois la formation de rosée le matin. Pendant cette période, on observe le plus souvent en début de journée une brume légère, voire du brouillard, disparaissant l'après-midi.

Le tableau ci-dessous donne les valeurs extrêmes des Ux et des Un (valeurs minimales en saison sèche et maximales en saison des pluies) :

Stations	Saison sèche		Saison humide	
	Ux%	Un%	Ux%	Un%
KANDI	53 (Février)	17 (Fév.)	98 (Sept.)	66 (Août)
NATITINGOU	45 (Janvier)	18 (Janv.)	99 (Août et Sept.)	68 (Août)
TCHAOUROU	83 (Janvier)	25 (Janv.)	97 (Sept. et Oct.)	70 (Août)
SAVE	91 (Déc.)	34 (Déc.)	98 (Oct.)	66 (Août)
BOHICON	95 (Février)	41 (Fév.)	97 (Oct.)(x)	69 (Juil.)

(x) 98 en Décembre

Ce tableau montre bien en saison sèche la diminution des Ux et Un en allant vers le Nord. En saison des pluies, les valeurs de Ux et Un sont à peu près les mêmes sur l'ensemble de la région.

A BOHICON, une assez forte humidité règne toute l'année et seules les variations de l'humidité relative minimale se présentent sous la forme d'une oscillation simple, la valeur mensuelle la plus élevée de Ux se trouvant en dehors de la saison des pluies, en Décembre.

Variation des écarts.

Dans le Sud, c'est en Juillet que l'écart Ux-Un est le plus faible, de l'ordre de 25 à 30%. L'air reste humide même s'il se produit relativement peu de précipitations. Le plus grand écart est en Février (60%).

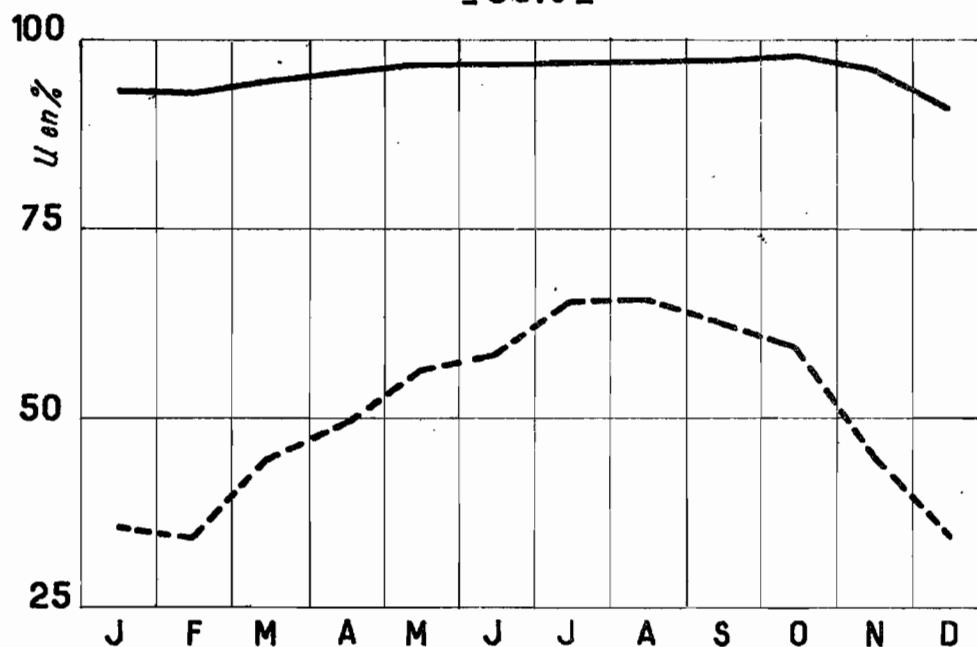
Dans le Nord, par contre, l'écart du mois de Juillet, mois très arrosé, est plus grand que celui de Février, la longueur de la saison sèche et surtout sa vigueur amenant une faible variation entre le jour et la nuit. L'écart le plus important a lieu en Novembre (50 à 60%).

.../...

VARIATIONS MENSUELLES DE L'HUMIDITÉ RELATIVE

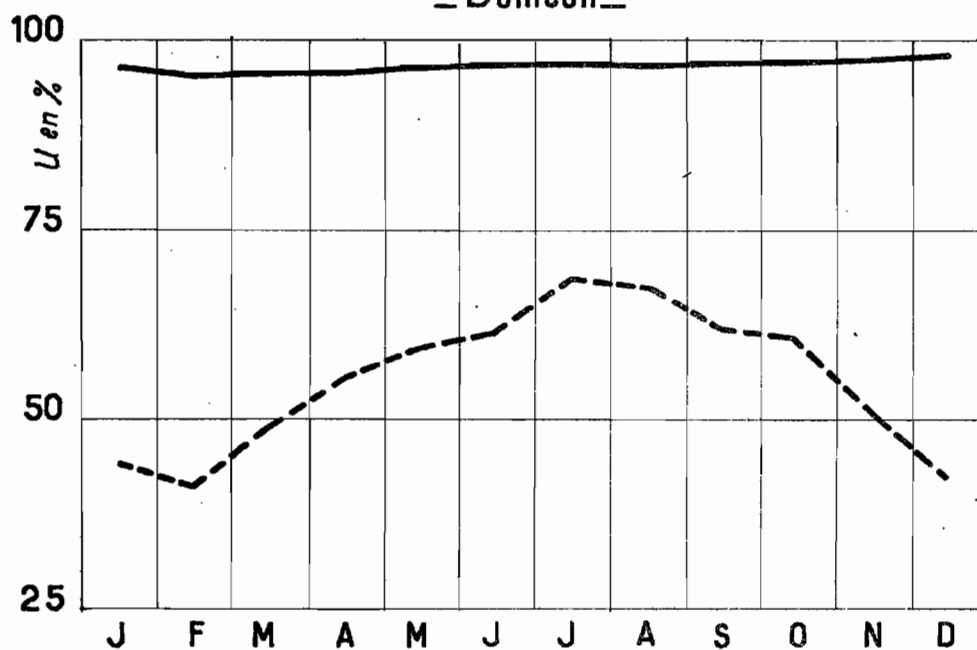
— Moyenne des maximums
- - - Moyenne des minimums

_ Savé _



PÉRIODE 1951-1955

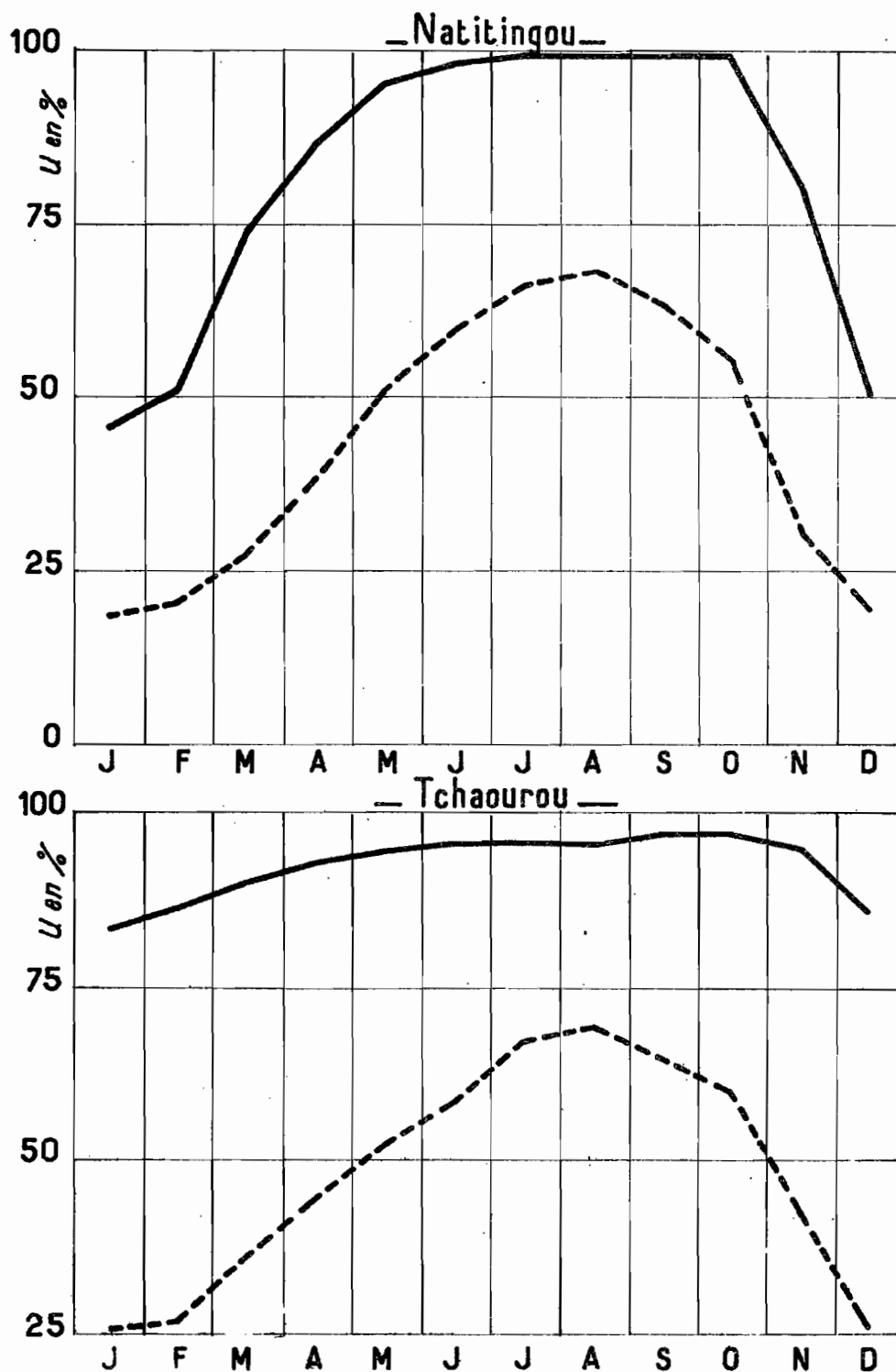
_ Bohicon _



VARIATIONS MENSUELLES DE L'HUMIDITÉ RELATIVE

PÉRIODE 1951-1955

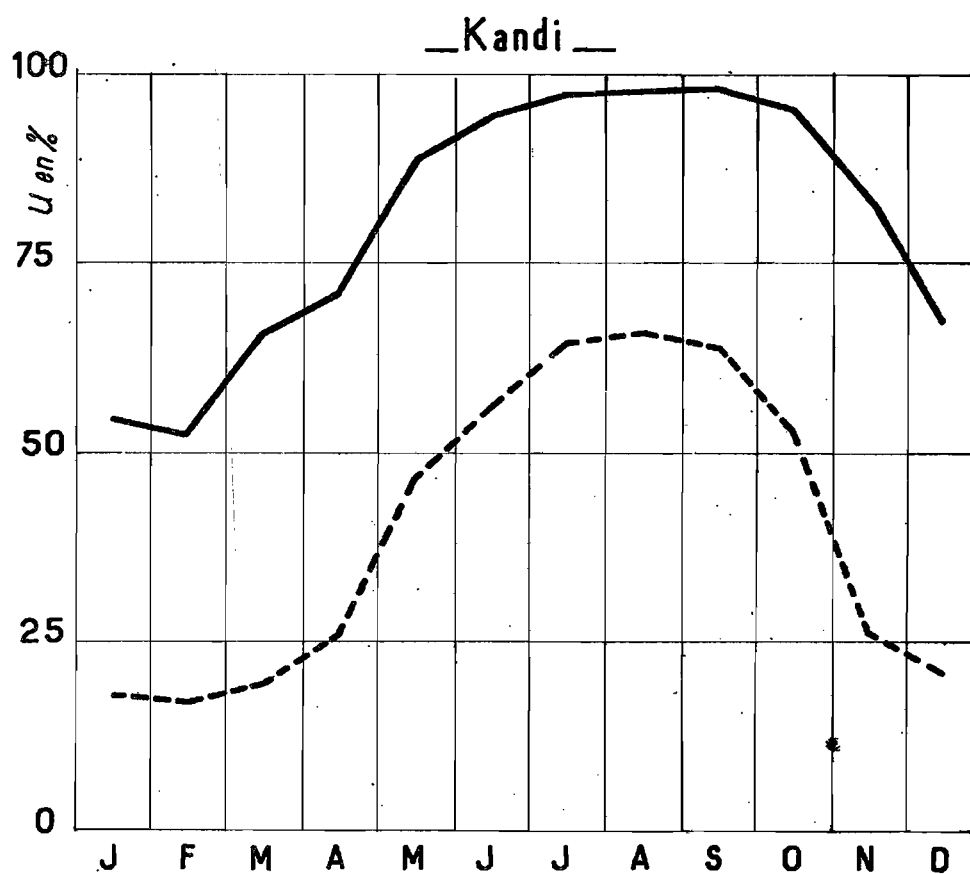
— Moyenne des maximums
 - - - Moyenne des minimums



VARIATIONS MENSUELLES DE L'HUMIDITÉ RELATIVE

PÉRIODE 1951 - 1955

— Moyenne des maximums
- - - Moyenne des minimums



2.5. - Evaporation -

Nous disposons pour les mesures d'évaporation, des données des petits bassins versants expérimentaux du DAHOMEY, à savoir :

- le bassin de la LHOTO à MOUMOU DJI près de DASSA ZOUME - Sud du bassin,
- le bassin de la TERO à FOUNGA près de DJOUGOU - Nord du bassin.

a) Les mesures ont été faites sur bac Colorado enterré à MOUMOU DJI, à proximité de la LHOTO dans une zone non ombragée, sous climat tropical de transition ; on pourra admettre que les relevés effectués donnent l'évaporation sur une grande nappe d'eau libre avec un indice de correction légèrement supérieur à 90%.

Nous donnons ci-dessous les valeurs moyennes mensuelles de l'évaporation sur bac Colorado, en millimètres par jour pour toute la période étudiée.

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1956						4,2	3,8	3,7	3,8	4,5	5,1	4,3
1957	4,8	6,7	6,7	5,2	5,1	3,7	3,1	2,8	3,2	3,5	4,1	3,6
1958	3,9	6,0	7,6	5,7	4,9	3,9	4,8	4,3	3,2	4,2		
1959					5,4	4,6	3,6	3,5	3,3	4,2		
Moyenne	4,4	6,3	7,2	5,4	5,1	4,1	3,8	3,6	3,4	4,1	4,6	3,9

Les valeurs mensuelles de l'évaporation suivent celles de la température et de l'hygrométrie. Elles passent par un maximum de saison sèche qui se situe en Mars, mois où l'évaporation peut atteindre 8 mm certaines journées, en restant toujours supérieure à 6 mm, les jours sans pluie.

L'évaporation diminue graduellement jusqu'à son minimum d'Août-Septembre de l'ordre de 3 mm.

Suivant les caractéristiques pluviométriques de l'année, ce minimum sera très prononcé (2,8 mm en 1957) ou sera à peine marqué comme en 1958, année exceptionnellement sèche.

On observe un maximum secondaire en Novembre, l'évaporation en Décembre étant inférieure à celle du premier trimestre, ceci résulte de l'influence des vents de Nord-Est qui soufflent quelques jours par an au cours de cette saison sèche.

Seule l'année 1957 a été observée complètement.

L'évaporation totale est de l'ordre de 1590 mm, il s'agit d'une année très pluvieuse au cours de laquelle l'évaporation a été faible.

On remarque que la sécheresse de 1958 a été de pair avec une forte évaporation : 1475 mm durant les 10 premiers mois.

En estimant l'évaporation de Novembre et Décembre comparable à celle de 1956, autre année peu arrosée, on arrive à un total annuel de 1750 mm pour 1958.

On peut admettre que l'évaporation moyenne sur bac dans la région de DASSA ZOUME est d'environ 1650 mm.

Pour des années très sèches ou très humides, de fréquence décennale par exemple, on pourra admettre des valeurs de 1550 et 1750 mm.

L'évaporation sur nappe d'eau libre infinie serait égale à 1550 mm.

b) La station de FOUNGA près de DJOUGOU peut être rattachée au climat tropical pur.

Les mesures d'évaporation ont été faites de Mai 1957 à Juillet 1958 sur bac Colorado.

Evaporation en mm par jour -

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1957					3,6	4,3	3,1	2,7	3,0	4,1	4,8	5,2
1958	6,2	7,6	7,9	7,0	6,7	4,5	4,4					

.../...

Il s'est évaporé, de Juin 1957 à Juin 1958, une lame d'eau de 1884 mm dont 13% concernent le seul mois de Mars et 56% les 5 mois de Janvier à Mai.

La moyenne mensuelle en mm/jour descend en dessous de 3 mm en Août (valeurs légèrement inférieures à celles de MOUMOUDJI pour Juillet-Août-Septembre dues à une plus forte pluviosité) et remonte jusqu'à plus de 7 mm en Février, Mars et Avril (la saison sèche nettement plus marquée amenant une plus forte évaporation qu'à MOUMOUDJI tout particulièrement en Décembre-Janvier).

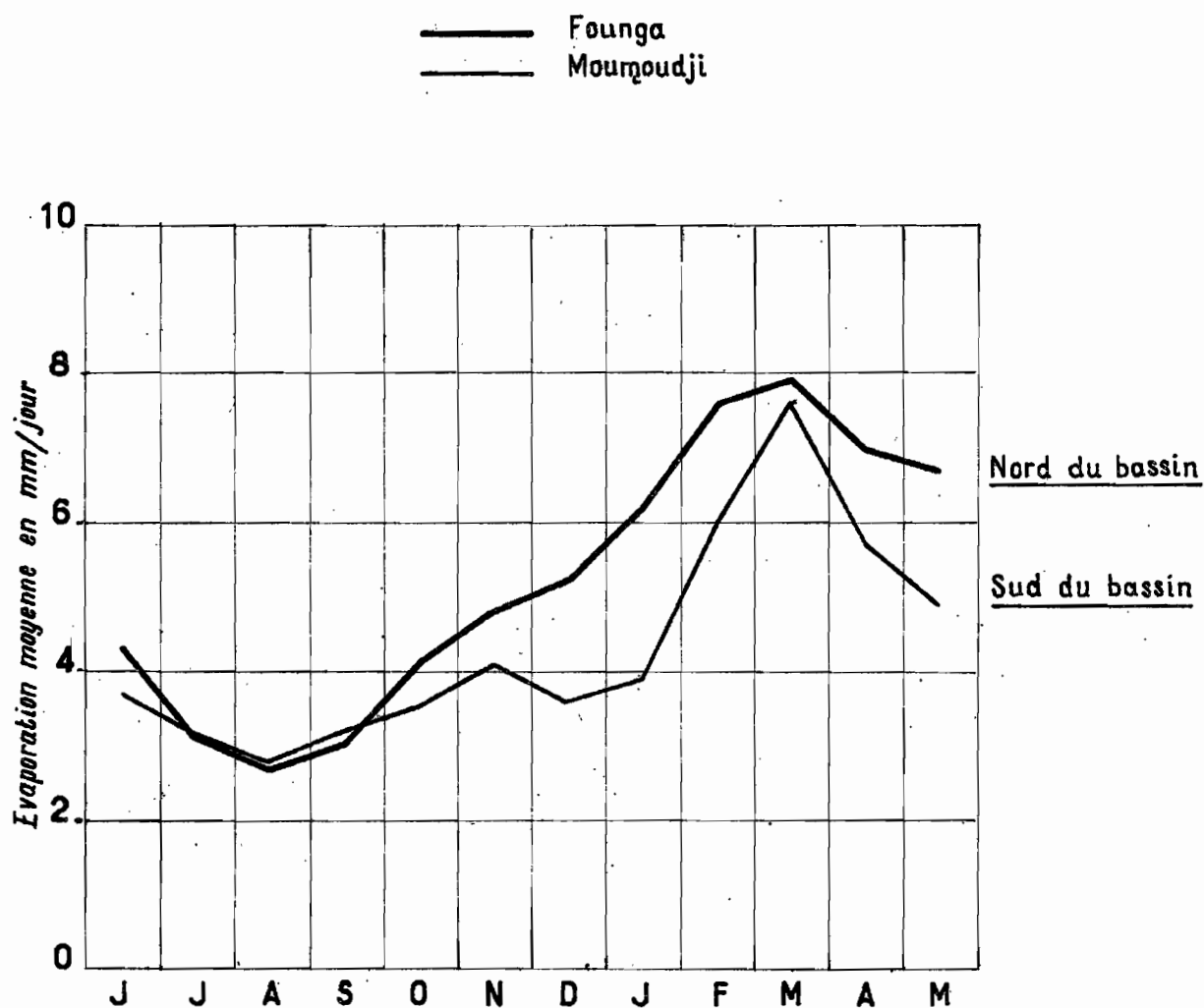
En admettant que le coefficient de passage du bac à la grande retenue est d'environ 90%, on obtient 1700 mm d'évaporation annuelle moyenne dans la région de DJOUGOU sur une nappe d'eau d'une certaine étendue. Les variations interannuelles peuvent présenter une ampleur de l'ordre de + 10% pour les fréquences décennales de part et d'autre de cette moyenne.

Etant donné les positions respectives de ces deux stations, l'évaporation annuelle moyenne sur l'ensemble du bassin doit être de l'ordre de 1550 à 1700 mm.

.../...

VARIATIONS MENSUELLES DE L'ÉVAPORATION SUR BAC COLORADO

_ JUIN 1957 — MAI 1958 _



2.6. - Pluviométrie -

2.6.1. - Stations pluviométriques -

L'ensemble des 21 stations dont nous disposons se trouve soumis au climat tropical de transition. Cependant, les stations de l'extrême Sud du bassin présentant un ralentissement marqué des précipitations en Juillet-Août ont été rangées dans le climat équatorial de transition ; d'autre part, celles du Nord ayant une saison sèche longue et assez accentuée, une saison des pluies plus courte avec un mois prédominant largement sur les autres se rapprochent du climat tropical pur.

Cette classification est un peu arbitraire car le climat ne se transforme que lentement en s'élevant en latitude et le passage d'un type de climat à l'autre est très progressif. Nous verrons en détail cette transition dans le chapitre se rapportant aux variations saisonnières.

.../...

	Latitude Nord	Longitude Est	Altitude
<u>Climat équatorial de transition type boréal à tropical de transition</u>			
ABOMEY	09° 11'	01° 59'	260 m
BOHICON	07° 11'	02° 03'	166 m
ZAGNANADO	07° 15'	02° 20'	102 m
KETOU	07° 21'	02° 36'	118 m
<u>Climat tropical de transition</u>			
DASSA ZOUME	07° 45'	02° 10'	155 m
SAVALOU	07° 54'	02° 02'	175 m
SAVE	07° 59'	02° 26'	198 m
BANTE	08° 27'	01° 54'	264 m
TOUI	08° 40'	02° 36'	315 m
TCHAOUROU	08° 52'	02° 36'	325 m
BASSILA	09° 01'	01° 40'	384 m
BETEROU	09° 12'	02° 16'	253 m
OKPARA	09° 18'	02° 44'	295 m
PARAKOU	09° 20'	02° 36'	387 m
<u>Climat tropical de transition à tropical pur</u>			
DJOUGOU	09° 42'	01° 44'	441 m
INA	09° 56'	02° 46'	358 m
NIKKI	09° 56'	03° 11'	402 m
BIRNI	10° 00'	01° 32'	430 m
BEMBEREKE	10° 10'	02° 42'	427 m
KOUANDE	10° 14'	01° 34'	530 m
NATITINGOU	10° 19'	01° 23'	460 m

.../...

2.6.2-Hauteurs annuelles et écarts types

Les études effectuées ces dernières années en Afrique Occidentale, ont montré que, si on laisse de côté les valeurs de fréquences très faibles, on peut admettre que les hauteurs de précipitations annuelles ont une distribution gaussique caractérisée pour chaque station par les deux paramètres habituels :

$$- \text{la moyenne } \bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$- \text{l'écart type } \sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Ces paramètres ont été calculés d'après les données d'observations disponibles jusqu'en 1960.

Les stations sont classées d'après les variantes de climat et suivant la valeur croissante de $\bar{x}$.

- Climat équatorial de transition type boréal -

Stations	Nombre d'année d'observations	Moyenne	Ecart type
ABOMEY	39	1 036 mm	221,1
ZAGNANADO	39	1 048 mm	258,8
BOHICON	20	1 093 mm	264,2
KETOU	10	1 129 mm	103,9

.../...

- Climat tropical de transition -

Stations	Nombre d'année d'informations	Moyenne	Ecart type
SAVE	24	1 095 mm	217,6
DASSA ZOUME	20	1 114 mm	244,0
TOUI	16	1 179 mm	322,5
BANTE	18	1 191 mm	269,6
PARAKOU	39	1 195 mm	213,3
TCHAOUROU	23	1 199 mm	286,1
BETEROU	7	1 204 mm	361,6
SAVALOU	29	1 221 mm	320,1
BASSILA	10	1 247 mm	309,0
OKPARA	4	1 272 mm	599,6

- Climat tropical de transition à climat tropical pur -

Stations	Nombre d'année d'informations	Moyenne	Ecart type
KOUANDE	29	1 247 mm	244,6
NIKKI	39	1 258 mm	243,8
BEMBEREKE	39	1 272 mm	223,2
BIRNI	7	1 279 mm	302,1
INA	16	1 324 mm	202,1
NATITINGOU	31	1 338 mm	216,6
DJOUGOU	39	1 366 mm	268,6

.../...

La lecture des moyennes montre en première approximation une tendance à l'augmentation des précipitations en allant vers le Nord du bassin, mais les hauteurs annuelles varient peu. Les durées des périodes d'observations sont très inégales et certaines stations observées depuis peu ont des hauteurs certainement trop élevées puisque la dernière décade correspond très souvent à une période assez pluvieuse. Le peu d'observations et la dispersion des valeurs entraînent des écarts types élevés pour ces stations (cas de l'OKPARA par exemple) ; à noter, par contre, la valeur très faible de celui de KETOU.

On ne pourra donc se faire une idée précise des moyennes pluviométriques en différents points du bassin et tracer la carte des isohyètes interannuelles qu'après homogénéisation des périodes de toutes les stations, ce qui permettra de comparer les résultats pris sur la même durée d'observation.

.../...

2.6.3-Homogénéisation des données -

Nous disposons de 21 stations pluviométriques situées dans le bassin ou à proximité immédiate.

Malheureusement, la durée d'observation à ces différentes stations est très inégale et seulement six d'entre elles ont des relevés continus depuis 1922.

Elles se trouvent dans le Sud comme ABOMEY et ZAGNANADO ou dans le Nord du bassin, PARAKOU, DJOUGOU, NIKKI et BEMBEREKE.

En général, les autres stations ont une vingtaine d'années d'observations.

Le problème est donc le suivant :

On possède les pluies annuelles relevées à N stations mais pour des périodes différentes; il faut dégager une période commune, la plus longue possible, en supputant avec le minimum de risques d'erreurs les relevés manquants pour les stations avant les périodes d'observations plus courtes.

La période d'extension a été choisie égale à 39 ans (1922 à 1960), la répartition des stations les plus anciennes étant satisfaisante compte tenu des conditions géographiques et climatiques.

On a établi la relation de régression, liant chaque station à homogénéiser à la station de 39 ans la plus proche, en prenant en considération les divers régimes climatiques et la distance les séparant.

L'homogénéisation fait appel aux notions de corrélation et de régression, largement étudiées dans ce cas précis par M. ROCHE.

Nous n'avons pas besoin ici de reconstituer chaque valeur annuelle mais seulement de connaître la loi de distribution, c'est-à-dire la répartition étant supposée normale, la moyenne $\bar{M}$ et l'écart type $\sigma \bar{M}$, on applique la méthode de régression dans le cas d'une loi normale à deux variables. (A remarquer d'ailleurs que, seule la moyenne $\bar{M}$ nous intéresse, l'écart type $\sigma \bar{M}$ reconstitué n'aurait pas grande signification du fait des distorsions qu'il comporte; mais si $\sigma \bar{M}$ est supérieur à l'écart type des valeurs observées, cela indiquera que le σ réel est supérieur au σ observé).

.../...

Nous avons deux variables aléatoires normales x et y , de moyenne $\bar{x}$ et $\bar{y}$, d'écart type $\sqrt{x}$ et $\sqrt{y}$ et on calcule leur coefficient de corrélation r .

L'équation de y par x s'écrit :

$$y'x = \bar{y} + r \frac{\sqrt{y}}{\sqrt{x}} (x - \bar{x})$$

On possède k observations pour la variable y et $n > k$ observations pour la variable x . S'il existe une bonne corrélation entre ces deux variables, la moyenne de y estimée à partir des k valeurs observées peut être améliorée par la connaissance de $n - k$ valeurs observées pour x .

Désignons par i une des k observations communes à x et à y et par j une des $n - k$ observations supplémentaires faites sur x .

Les valeurs empiriques des paramètres sont :

Moyenne :

$$\bar{x}_k = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k x_i$$

$$\bar{x}_n = \frac{1}{n} \left\{ \sum_{i=1}^k x_i + \sum_{j=k+1}^n x_j \right\} = \frac{1}{n} \sum_{i+j} x$$

$$\bar{y}_k = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k y_i$$

Ecart type :

$$k S^2_x = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x}_k)^2$$

$$n S^2_x = \frac{1}{n} \sum_{i+j} (x - \bar{x}_n)^2$$

$$k S^2_y = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (y_i - \bar{y}_k)^2$$

.../...

Coefficient de corrélation :

$$k^r_{xy} = \frac{1}{k} \frac{(x_i - \bar{x}_k)(y_i - \bar{y}_k)}{k^S_y k^S_x}$$

Le coefficient de corrélation r une fois calculé, il s'agit de voir quelle signification on peut lui attribuer, c'est-à-dire puisque les valeurs observées sont issues d'un ensemble plus vaste, savoir si la valeur de r est significative d'une valeur différente de zéro dans son ensemble ($r \neq 0$ supposant une corrélation entre les valeurs de x et de y).

Nous utiliserons les tests de Fisher qui donneront pour chaque valeur trouvée, la probabilité P pour que celle-ci soit atteinte ou dépassée par le seul jeu des fluctuations d'échantillonnage.

Le test sera :

Non significatif pour $P > 0,05$
 Significatif $0,05 > P > 0,01$
 Hautement significatif $0,01 > P > 0,001$
 Très hautement significatif $P < 0,001$

Si la corrélation est acceptable, nous aurons comme évaluation de la moyenne y :

$$\hat{\bar{y}} = \bar{y}_k - k^r_{xy} \frac{k^S_y}{k^S_x} (\bar{x}_k - \bar{x}_n)$$

L'écart type σ_y , pourrait être calculé à partir de la variance :

$$\hat{\sigma}_y^2 = \frac{S^2}{k_y} - r^2 \frac{k^S_y}{k^S_x} (k^S_x - n^S_x)$$

.../...

Il restera alors à savoir si la prise en compte des $n-k$ observations supplémentaires de x améliore la connaissance de y . Il faut pour cela étudier l'efficacité relative de $\bar{y}_k$ et de $\bar{y}$ définie par :

$$E = \frac{\text{variance } \bar{y}}{\text{variance } \bar{y}_k}$$

$$\text{soit } E = 1 + (1 - \frac{k}{N}) \left\{ \frac{1 - (k-2)r^2}{k-3} \right\} \quad (\text{R. VERON})$$

Prenons un exemple :

ABOMEY possède 39 années d'observations pluviométriques, BOHICON, situé à une dizaine de kilomètres de cette station, 20 années seulement. La valeur de la corrélation BOHICON-ABOMEY est $r = 0,86$. Le test de Fisher donnant $P < 0,001$ pour 20 couples, soit 18 degrés de liberté, est très hautement significatif.

L'efficacité relative calculée est $E = 0,65$ (avec $N = 39$ et $k = 20$).

$$\text{On peut écrire } \text{Var } \bar{y}_{20} = \frac{1}{20} \text{ Var } y$$

$$\text{alors que } \text{Var } \hat{\bar{y}} = 0,65 \frac{\text{Var } y}{20}$$

Pour que la moyenne $\bar{y}_{k'}$ dérivée de k' observations ait une variance égale à $0,65 \frac{\text{Var } y}{20}$, il faudrait que :

$$\frac{\text{Var } y}{k'} = 0,65 \frac{\text{Var } y}{20} \quad \text{soit} \quad k' = \frac{k}{E} = 31.$$

Ainsi, la prise en compte de 39 années d'observations à ABOMEY permet de déterminer la moyenne de BOHICON avec la même précision que si l'on avait 31 années observées directement au lieu de 20. L'intervalle de confiance à 95% s'en trouve resserré. La nouvelle moyenne calculée est de 1037 mm, elle montre que la moyenne établie sur 20 ans donnait, avec 1093 mm, une surestimation des précipitations à cette station.

.../...

Nous avons mis dans un tableau le résultat final de tous les calculs avec, pour chaque station :

- le nombre d'années d'observations réelles k
- le nombre d'années k' supposées observées après corrélation
- la moyenne x avant homogénéisation
- la nouvelle moyenne $\bar{x}$ pour les stations subissant une correction
- la signification du test de Fisher pour chaque station ayant moins de 39 ans d'observations (ce test s'applique au couple station à homogénéiser-station de référence la plus proche).

Trois stations seulement n'ont pu être homogénéisées, il s'agit de celle de l'Okpara qui, installée depuis 1957 seulement, fournit des renseignements insuffisants et de celles de Kouande et de Natitingou qui subissent l'influence de l'Atacora.

Pour les autres stations, le coefficient de corrélation varie entre 0,8 et 0,9 ; il n'existe pas de rapport notable entre la valeur de celui-ci et la distance des deux stations prises en considération.

Les durées d'observations aux stations à homogénéiser sont trop variables pour que l'on puisse tirer une conclusion générale quant au sens de la correction effectuée sur la moyenne, tout au plus peut-on dire que les stations les plus récentes ont des valeurs surestimées, encore cela n'est-il pas observé à Beterou.

Le réseau des isohyètes interannuelles, tracé d'après ces nouveaux résultats, montre bien une augmentation des précipitations en se déplaçant vers le Nord et le Nord-Ouest (influence du massif de l'Atacora).

On passe de l'isohyète 1 100 dans le Sud à l'isohyète 1 300 dans une zone s'étendant de Djougou à Ina. Ensuite, après le 10° de latitude Nord, les précipitations décroissent régulièrement jusqu'au Niger (Carte IV).

La pluviométrie moyenne interannuelle sur les bassins variera dans le même sens que les isohyètes.

Bassin de l'Ouémé à Beterou	:	1 300 mm
Bassin de l'Ouémé à Savé	:	1 240 mm
Bassin de l'Okpara à Kaboua	:	1 160 mm
Bassin du Zou à Atcherigbé	:	1 120 mm

.../...

Stations	k	k'	x	$\hat{x}$	Test de Fisher
<u>ABOMEY</u>	39	39	1 036	1 036	
BOHICON	20	31	1 093	1 037	T H S
<u>ZAGNANADO</u>	39	39	1 048	1 048	
KETOU	10	15	1 129	1 113	S
DASSA ZOUME	20	29	1 114	1 129	H S
SAVALOU	29	35	1 221	1 192	H S
SAVE	24	33	1 095	1 128	H S
BANTE	18	30	1 191	1 202	T H S
TOUI	16	26	1 179	1 191	H S
TCHAUROU	23	29	1 199	1 217	H S
BASSILA	10	19	1 247	1 230	H S
BETEROU	7	22	1 204	1 251	T H S
OKPARA	4	4	1 272	1 272	N S
<u>PARAKOU</u>	39	39	1 195	1 195	
<u>DJOUGOU</u>	39	39	1 366	1 366	
INA	16	24	1 324	1 305	H S
<u>NIKKI</u>	39	39	1 258	1 258	
BIRNI	7	22	1 279	1 228	H S
<u>BEMBEREKE</u>	39	39	1 272	1 272	
KOUANDE	29	29	1 247	1 247	N S
NATITINGOU	31	31	1 338	1 338	N S

Les stations de référence sont soulignées.

.../...

On a vu, dans le chapitre sur le relief, l'augmentation faible mais progressive de l'altitude en montant en latitude, passant de 100 m dans la zone Abomey-Zagnanado à 400 m dans la zone Djougou-Ina.

Les précipitations croissant également, il est intéressant de voir s'il existe une relation entre l'altitude et la pluviométrie, mais on peut difficilement l'analyser étant donné les nombreux phénomènes d'ordres différents qui interviennent.

Il est impossible, en définitive, de discerner s'il s'agit d'un phénomène lié à l'altitude ou à la latitude puisque toutes les deux varient dans le même sens.

.../...

O R S T O N

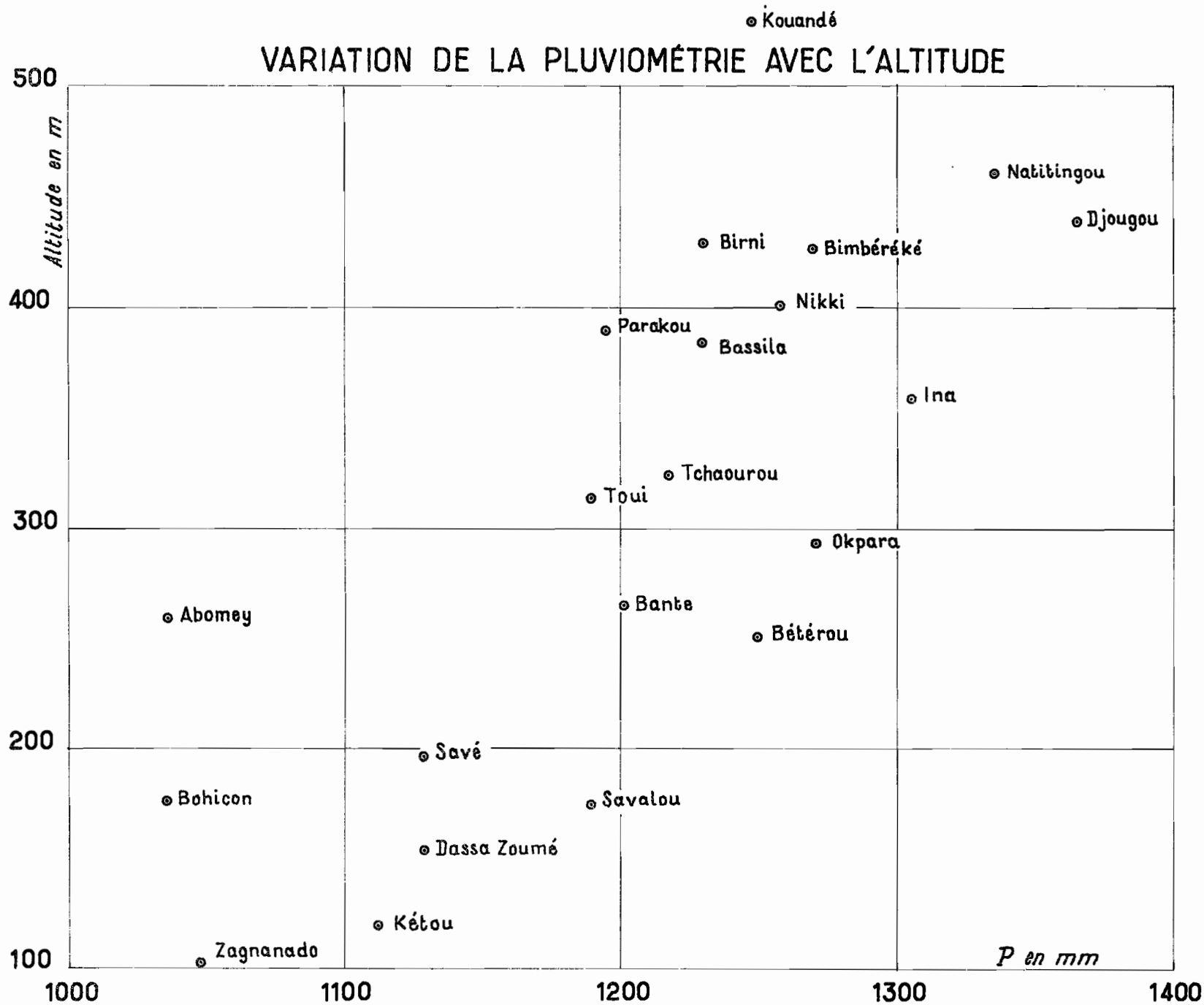
A0

DATE: 1-63

DESSINÉ: G. D. T. M. G.

DAH-141032

VARIATION DE LA PLUVIOMÉTRIE AVEC L'ALTITUDE



26.4-Variations saisonnières -

Les valeurs mensuelles des précipitations ont été calculées à quelques stations particulièrement représentatives. Il semble intéressant d'inclure dans cette étude les valeurs de COTONOU montrant toutes les caractéristiques du régime équatorial de transition, celles de KANDI définissant le régime tropical pur.

On verra ainsi, du Sud au Nord, la saison sèche d'hiver passer de 4 à 6 ou 7 mois tout en prenant un caractère de plus en plus rigoureux, la disparition progressive de la petite saison sèche de Juillet-Août, les deux saisons des pluies dans le Sud se fondre en une seule de plus en plus courte mais bien marquée dans le Nord.

Période commune (1941-1960) -

a) Régime équatorial de transition à régime tropical de transition -

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Totaux annuels
COTONOU	32	34	92	108	216	338	110	23	90	177	61	19	1 300
BOHICON	11	25	98	135	146	147	115	66	139	155	41	16	1 094

.../...

b) Régime tropical de transition -

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Totaux annuels
SAVE	7	20	78	110	145	143	140	111	175	133	32	9	1 103
TCHAOUROU	6	13	58	103	141	161	165	162	215	162	16	7	1 209
PARAKOU	4	12	37	74	136	174	187	203	226	108	9	5	1 175

c) Régime tropical de transition à régime tropical pur -

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Totaux annuels
DJOUGOU	4	7	37	87	125	177	242	265	309	100	12	7	1 372
KANDI	0	1	11	32	89	150	197	299	244	61	3	0	1 087

a) Dans cette première catégorie, on note une première saison sèche qui s'étale sur 4 mois de Novembre à Février, il est difficile d'ailleurs, sur des valeurs moyennes interannuelles de bien suivre les variations du régime équatorial ; à COTONOU le minimum de précipitations est en Décembre-Janvier (50 mm pour ces 2 mois).

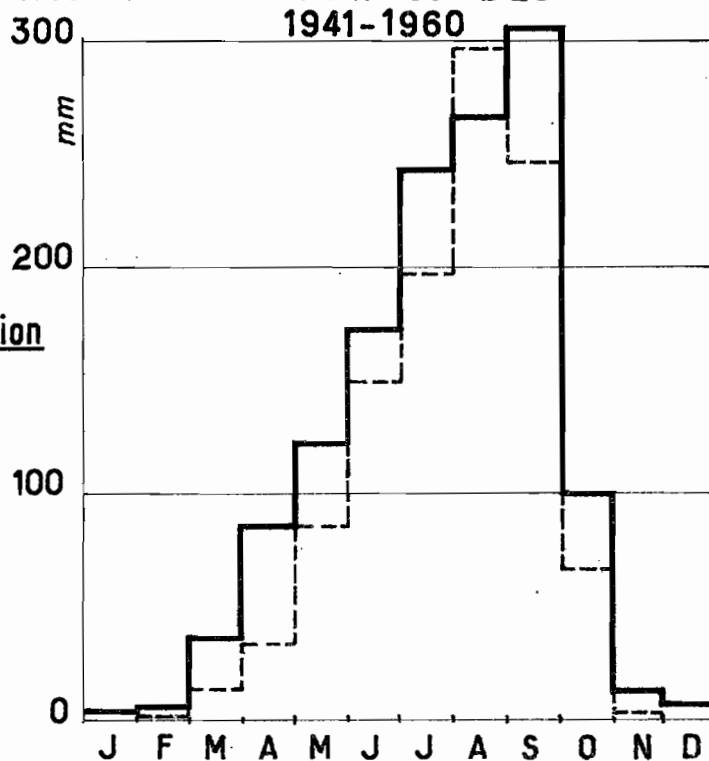
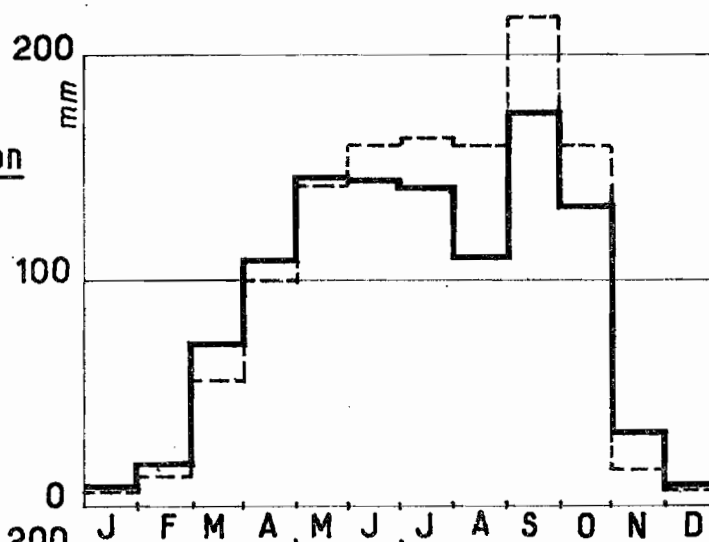
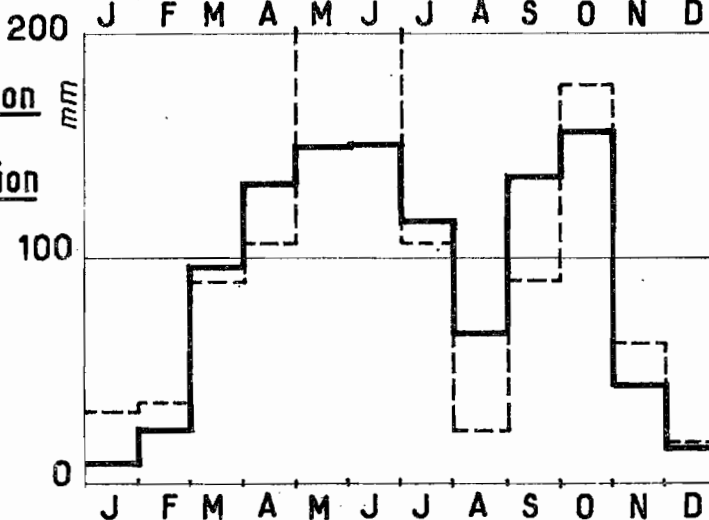
La première saison des pluies débute en mars et le mois le plus arrosé est celui de Juin (340 mm à COTONOU, 150 mm à BOHICON). Un creux correspondant à la seconde saison sèche a lieu en Août (23mm seulement à COTONOU) puis la seconde saison des pluies, moins forte, s'étale sur Septembre et Octobre.

A BOHICON, en bordure Sud du bassin, ces caractères s'atténuent, saison sèche d'hiver plus adcentuée avec quelques jours de pluie seulement, creux du mois d'Août moins important. Le mois le plus arrosé est celui d'Octobre (155 mm) dépassant légèrement les valeurs de Mai et Juin. Les débits suivent les variations des pluies avec un certain retard, dans le bassin du ZOU, l'écoulement ne commence vraiment qu'en Avril-Mai avec un premier maximum en Juillet, après une diminution en Août, c'est en Septembre ou Octobre qu'a lieu la pointe principale.

.../...

VARIATIONS SAISONNIÈRES DES PRÉCIPITATIONS

1941-1960

R.T de transitionà
R.T purR.T de transitionR.T de transitionà
R.E de transition

b) Dans cette deuxième catégorie, la saison sèche d'hiver s'allonge et dure maintenant cinq mois de début Novembre à fin Mars. Les pluies sont rares pendant cette période, on ne compte pas dix jours de pluie en tout. Les seules précipitations sont des tornades ou des pluies orageuses toujours de l'ordre de 20 mm environ. Le creux du mois d'Août disparaît progressivement, encore discernable à SAVE, il cesse à TCHAOUROU et fait place à PARAKOU à une augmentation très progressive des précipitations de Mai à Septembre. Il tombe en ces six mois plus de 80% du total.

Dans cette zone qui comprend la plus grande partie des bassins de l'OUEME et de l'OKPARA, les premières pointes de débits ont lieu en Mai-Juin et les crues les plus fortes s'observent en Septembre-Octobre, les plus grandes précipitations de l'année tombant sur un terrain saturé par les pluies des mois précédents. La saison des pluies cesse très rapidement à la fin Octobre, et les rivières tarissent progressivement avec un certain décalage.

c) Dans cette dernière catégorie, la saison sèche s'allonge encore et dépasse six mois, de mi-October à fin Avril. Très souvent, il ne tombe pas une seule goutte d'eau pendant quatre mois consécutifs. Les rares pluies qui se produisent sont brèves mais fortes, pouvant atteindre certaines années 50 mm ou davantage.

Pendant la saison des pluies, les précipitations augmentent rapidement jusqu'en Août à KANDI (299 mm). La courbe des débits mensuels suit cette ascension, les crues annuelles ont lieu fin Septembre-début Octobre. Ici également la saison des pluies cesse rapidement à la mi-October. Les rivières des cours supérieurs ont un débit encore soutenu en Octobre, mais celui-ci devient très faible ou nul dès Novembre.

2.6.5-Précipitations journalières -

On rencontre deux types principaux :

1 - Les tornades -

Elles se produisent généralement à la fin de la saison sèche, mais on en observe pendant toute la saison des pluies surtout dans le Nord du Bassin.

.../...

On peut, sur le hyétogramme d'une tornade, distinguer trois parties :

- a) une période préliminaire, d'intensité moyenne 10 à 30 mm/h et de courte durée.
- b) le corps de la tornade, avec une forte ou très forte intensité moyenne de 40 à 80 mm/h de durée assez courte : 5 à 20 mn, avec parfois un paroxysme de 5 mn au moins pouvant atteindre 200 mm/h. La pointe peut d'ailleurs se dédoubler.
- c) la traîne de la tornade, de faible intensité, passant rapidement de 15 à 30 mm/h au début à 10 puis 5 à 1 mm/h. La durée de cette traîne peut atteindre deux heures.

Mais la période préliminaire ne s'observe pas toujours, la durée de la traîne est parfois très réduite. La forte valeur de l'intensité maximale conduit à un ruissellement notable, mais ces tornades ne couvrent qu'une superficie assez faible.

2 - Les pluies de mousson -

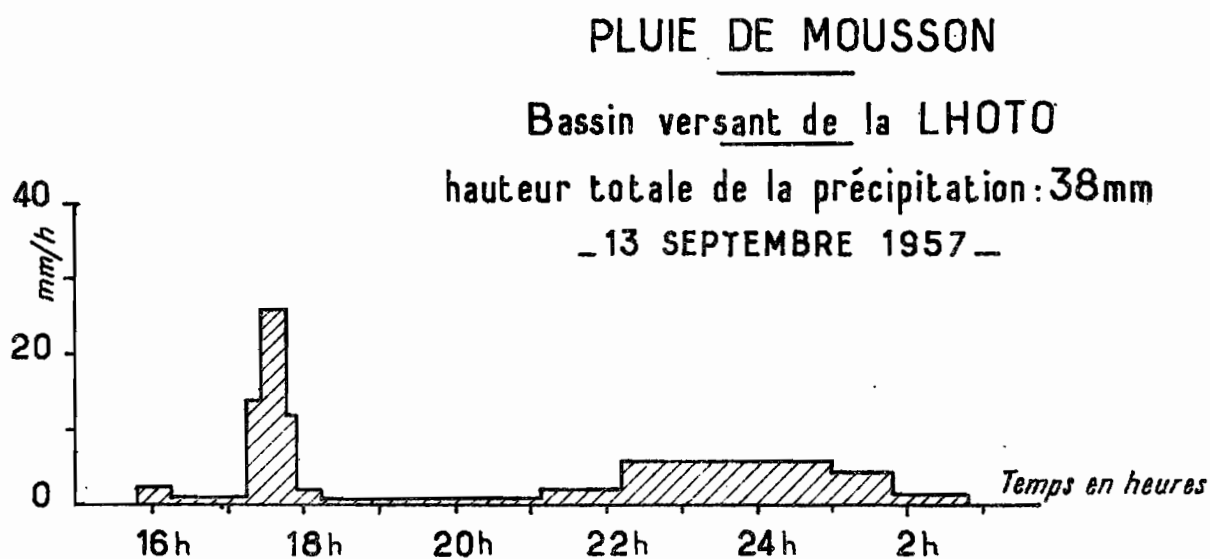
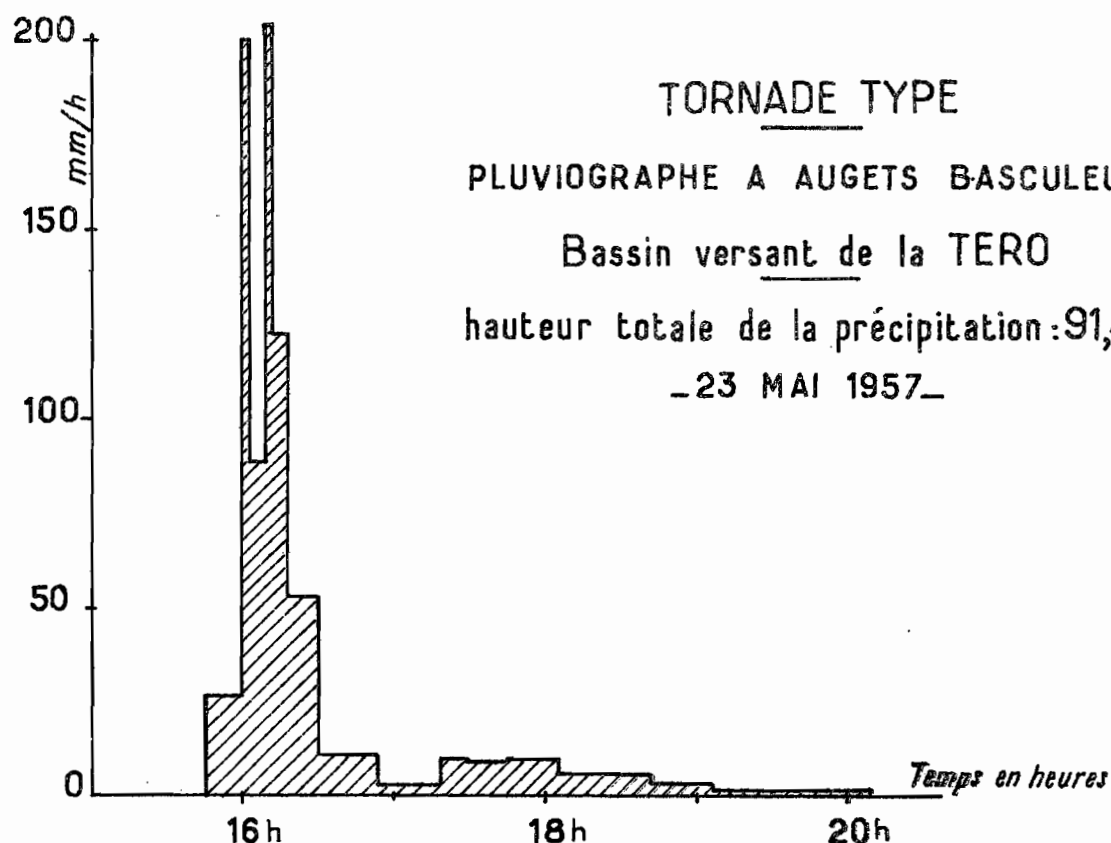
Elles s'observent au milieu de la saison des pluies et surtout dans le Sud. Ce sont des pluies régulières de longue durée, d'intensités moyennes modérées ; cependant elles comptent parfois des pointes pouvant atteindre et dépasser 50 mm/h. Leur durée peut être de dix heures et davantage. Leur répartition spatiale est beaucoup plus étendue, elles intéressent donc une partie assez grande du bassin.

Les coefficients de ruissellement ne sont pas plus élevés que précédemment, les intensités maximales étant nettement plus faibles.

Le nombre de jours de précipitations varie suivant les stations de 65 à 105 jours par an.

Sa répartition est assez irrégulière, tout au plus peut-on dire qu'il y a moins de jours de pluie dans l'extrême Sud, les hauteurs annuelles étant d'ailleurs plus faibles également.

.../...



L'étude du tableau des fréquences annuelles des pluies journalières (page 46) montre que les pluies inférieures à 20 mm représentent 70 à 85% de l'ensemble (50% des pluies produisent moins de 10 mm). Pour des valeurs supérieures, toutes les stations ont à peu près la même répartition mais avec une légère tendance à l'augmentation vers le Nord.

Les pluies supérieures à 60 mm sont peu nombreuses, il s'en produit en moyenne 2 par an seulement, elles sont étudiées dans le paragraphe suivant.

TABLEAU des FREQUENCES ANNUELLES des PLUIES JOURNALIERES

Stations	Nombre d'années d'observation	Moyenne annuelle des jours de pluie						Nombre de jours de pluie
		>100mm	>80mm	>60mm	>40mm	>20mm	<20mm	
ZAGNANADO	37	0,14	0,46	1,5	5,3	17,0	49,5	66,5
DASSA ZOUME	18	0,11	0,67	2,0	6,3	17,7	51,9	69,6
SAVALOU	27	0,19	0,67	2,0	6,2	20,6	56,3	76,9
SAVE	24	0,21	0,50	1,8	4,6	16,8	83,4	100,2
BANTE	16	0,38	1,13	2,4	6,4	20,5	52,6	73,1
TCHAUROU	23	0,13	0,52	1,8	5,4	19,8	88,1	107,9
PARAKOU	35	0,20	0,57	1,7	5,2	20,4	52,8	73,2
INA	14	0,28	0,64	1,6	5,8	24,6	66,5	91,1
DJOUYOU	37	0,29	0,82	2,6	7,1	23,7	57,9	81,6
BEMBEREKE	37	0,27	0,57	1,8	6,4	21,6	59,2	80,8

- Précipitations exceptionnelles -

Les plus fortes précipitations connues, relevées
aux principales stations sont les suivantes :

Station	Hauteur (> 120 mm)	Date	Nombre d'années d'observation
NIKKI	240,5 mm 182,6 mm 179,7 mm 169,0 mm 147,0 mm 146,9 mm 122,3 mm	24.9.27 15.7.35 1.9.60 6.9.39 15.9.45 20.7.55 18.8.35	39
BEMBEREKE	195,0 mm 179,6 mm 154,3 mm 134,1 mm 132,5 mm 124,3 mm	13.6.29 8.6.51 29.8.45 17.9.31 26.5.57 2.7.53	39
TOUI	190,5 mm 132,7 mm 122,6 mm	30.7.55 22.9.59 24.8.49	16
SAVALOU	178,0 mm	7.2.33	29
DJOUGOU	168,1 mm 167,0 mm 135,3 mm 132,5 mm 128,6 mm	18.8.41 15.9.31 7.8.49 7.9.49 22.9.49	39
BANTE	157,9 mm 138,2 mm 128,1 mm 123,0 mm	9.7.53 28.7.55 1.8.42 29.6.55	19
ZAGNANADO	150,4 mm 144,4 mm	3.2.50 1.10.44	39

Station	Hauteur	Date	Nombre d'années d'observation
NATITINGOU	149,7 mm 133,8 mm	25.5.57 6.9.60	10 (31)
PARAKOU	144,0 mm 140,0 mm	10.8.25 3.8.26	37
DASSA ZOUME	138,0 mm	1.6.54	20
SAVE	127,0 mm 123,4	27.7.53	24
BASSILA	123,9 mm	12.7.51	10
TCHAOUROU	121,6 mm	12.7.49	23

M. ROCHE a utilisé à plusieurs reprises, pour l'étude de la distribution des précipitations journalières, la relation suivante :

$$F_x = \left[1 - F_1(0) \right] + F_1(0) \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^u e^{-\frac{1}{2} u^2} du$$

avec $u = \frac{\log x - \bar{y}}{\sigma_y}$

Il s'agit d'une relation tronquée en raison de l'existence de jours sans pluie.

Nous l'avons appliquée au bassin de l'OUEME en déterminant graphiquement les paramètres après ajustement linéaire des points en faisant varier $F_1(0)$ dans des limites raisonnables.

On peut, sans commettre d'erreurs grossières, confondre averses et pluies journalières, et les fortes pluies ont été rétablies dans leur intégrité.

.../...

Cette étude permet d'évaluer les précipitations de fréquences décennale et cinquantenaire ponctuelles.

Station	pluie décennale	pluie cinquantenaire
ZAGNANADO	109	147
DASSA ZOUME	125	171
SAVALOU	128	178
SAVE	121	173
BANTE	144	204
TCHAUROU	131	187
PARAKOU	115	157
INA	122	167
DJOUGOU	141	198
BEMBEREKE	130	182

Ainsi, pour l'ensemble du bassin, la précipitation journalière décennale est de l'ordre de 120-140 mm. Ces résultats sont en parfait accord avec ceux de la méthode des stations années qui avait été employée il y a quelques années, pour l'estimation des crues décennales du bassin versant expérimental de la LHOTO, l'étude des précipitations journalières supérieures à 60 mm durant la période 1955-1957 pour 7 stations du centre DAHOMEY ayant donné une pluie décennale de 130 mm environ.

La précipitation journalière cinquantenaire peut être estimée à 160-200 mm.

.../...

2.6.6. - Irrégularité interannuelle -

On peut la définir par le coefficient K_3 et le coefficient de variation V .

Le coefficient K_3 est le rapport entre la plus faible valeur du premier décile et la plus forte valeur du dernier décile des hauteurs annuelles des précipitations classées par ordre décroissant.

Calculées pour les stations présentant les plus longues durées d'observation, les valeurs de K_3 varient assez peu dans l'ensemble, mais on note une tendance à la diminution vers le Nord.

Station	Irrégularité interannuelle K_3	Coefficient de variation V
ABOMEY	1,82	0,213
BOHICON	1,88	0,242
ZAGNANADO	1,76	0,247
DASSA-ZOUME	1,85	0,219
SAVALOU	1,84	0,262
SAVE	1,80	0,198
TCHAOUROU	1,93	0,239
PARAKOU	1,77	0,178
DJOUGOU	1,73	0,196
NIKKI	1,78	0,194
BEMBEREKE	1,64	0,175
KOUANDE	1,81	0,196
NATITINGOU	1,59	0,162

Le coefficient de variation est caractérisé par le rapport entre l'écart type et la moyenne $\bar{x}$ soit $V = \frac{\sigma}{\bar{x}}$.

On peut observer une diminution légère de V du Sud au Nord, cela est normal car si les écarts types varient relativement peu d'une station à l'autre (si l'on excepte SAVALOU qui avec $\sigma = 320,1$ a un V très élevé), les moyennes $\bar{x}$ par contre augmentent progressivement comme nous l'avons vu, vers le Nord. De façon générale, ces coefficients ne sont pas très élevés mais les pluies étant réparties sur

une assez longue période, à un déficit modéré des précipitations correspondra un déficit beaucoup plus fort pour les débits, donc le coefficient K_3 pour les modules annuels sera beaucoup plus élevé que ne pourrait le laisser penser les valeurs obtenues pour les hauteurs de précipitations annuelles.

.../...

2 - Équipement Hydrométrique

2ème PARTIE

- EQUIPEMENT HYDROMETRIQUE -

DEUXIEME PARTIE

II - EQUIPEMENT HYDROLOGIQUE DES BASSINS -

Les stations limnimétriques installées sur les trois bassins principaux et pour lesquelles nous possédons des relevés, allant jusqu'à la fin de 1960 pour la plupart d'entre elles, sont les suivantes :

Bassin de l'OUEME

I - BETEROU sur l'OUEME	10 326 km ²
II - SAVE sur l'OUEME	23 600 km ²
III - VOSSA sur la BEFFA	1 870 km ²

Bassin de l'OKPARA

IV - NANON sur l'OKPARA	2 067 km ²
V - KABOUA sur l'OKPARA	9 600 km ²

Bassin du ZOU

VI - ZOUDJI sur le ZOU	2 018 km ²
VII - ATCHERIGBE sur le ZOU	6 950 km ²
VIII - SAVALOU sur l'AGBADO	1 280 km ²
IX - LOGOZOHE sur le KLOU	300 km ²
X - DASSA ZOUME sur la LHOTO	75 km ²

Outre ces stations, plusieurs petits bassins expérimentaux ont été installés avant 1960.

Bassins de la LHOTO

Station de MOUMOUDJI sur la LHOTO	45 km ²
Station de la SOUSSOU à MODJI	7,4 km ²
Station de l'OLODJO	5,1 km ²
Station de BOHM-BOHM sur la LHOTO	12 km ²
Station de la KOLOMANDJE	13 km ²

Bassins de la TERO

Station principale de la TERO	32 km ²
Station secondaire de PASSAR	24 km ²
Station secondaire de FOUNGA	12 km ²

La carte V donne la position des principales stations et bassins expérimentaux ainsi que le découpage en bassins partiels.

.../...

1 - Stations de jaugeages -

I - Station du pont de BETEROU sur l'OUEME -

Coordonnées géographiques

Latitude = 9°12 Nord
 Longitude = 2°16 Est
 Superficie du bassin = 10 326 km²
 Cote du zéro de l'échelle = 240,58m (nivellement I.G.N.)
 Cote repère I.G.N. = 252,05 m

L'échelle a été installée le 29 mai 1952 sur une pile du pont.

2 sections de jaugeages - à 50 m en aval du pont pour les hautes eaux sur fond rocheux,
 - à 500 m en amont du pont pour les basses eaux.

11 jaugeages ont été effectués en 1952 et 1953 par la Section Hydraulique des Travaux Publics du DAHOMEY de 0,38 à 536 m³/s. L'étalonnage peut être considéré comme définitif.

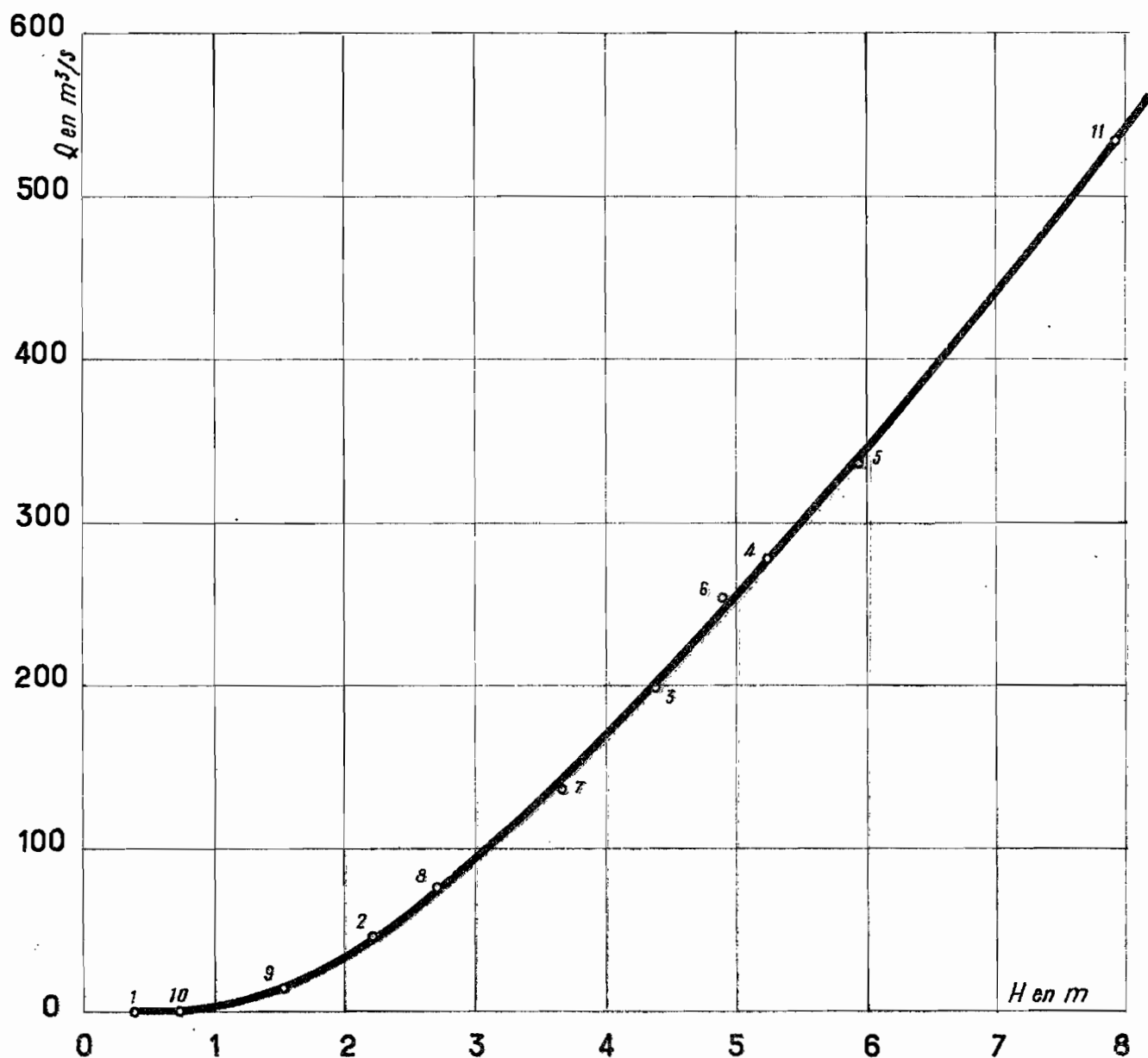
N°	Dates	Cotes en cm	Débits m ³ /s
1	15. 6.52	067	0,38
2	24. 7.52	223	43,2
3	1. 8.52	440	199,9
4	16. 8.52	525	277,9
5	19. 8.52	595	336,6
6	17. 9.52	490	252,9
7	31.10.52	365	138,4
8	6.11.52	270	76,3
9	25.11.52	153	15,2
10	22. 1.53	075	0,58
11	5. 8.53	792	535,6

En saison sèche, le débit apparent devient nul, la cote à partir de laquelle l'écoulement cesse est à + 0,30 environ.

.../...

L'OUÉMÉ AU PONT DE BÉTÉROU

Courbe d'étalonnage



II - Station du pont de SAVE sur l'OUEME

Coordonnées géographiques -

Latitude = 8°00 Nord
 Longitude = 2°25 Est
 Surface du bassin = 23 600 km²
 Cote du zéro de
 l'échelle = 94,878m(nivellement I.G.N.)
 Cote repère I.G.N.= 102,270 m

L'échelle a été placée en 1942 par le Chemin de Fer BENIN-NIGER sur une pile du pont, et des lectures hebdomadaires ont été faites jusqu'en 1950 en période de crue. Ces relevés sont peu sûrs.

Une seconde échelle a été installée par la Section Hydraulique des Travaux Publics le 13 Avril 1951 à la même cote que l'ancienne.

La section de jaugeages se trouve à 500 m à l'aval du pont ; le fond est rocheux.

13 jaugeages ont été effectués entre 1,14 et 829 m³/s de 1951 à 1953.

N°	Dates	Cotes en cm	Débits m ³ /s
1	19. 9.51	490	639,6
2	20. 9.51	440	543,0
3	25. 9.51	387	433,6
4	18.10.51	310	310,6
5	23.11.51	160	110
6	26.11.51	135	88,5
7	27.11.51	120	70,04
8	20.12.51	036	12,7
9	21. 8.52	418	482
10	16. 9.52	350	384,7
11	7.10.52	500	680
12	20. 1.53	005	1,14
13	12. 9.53	562	829

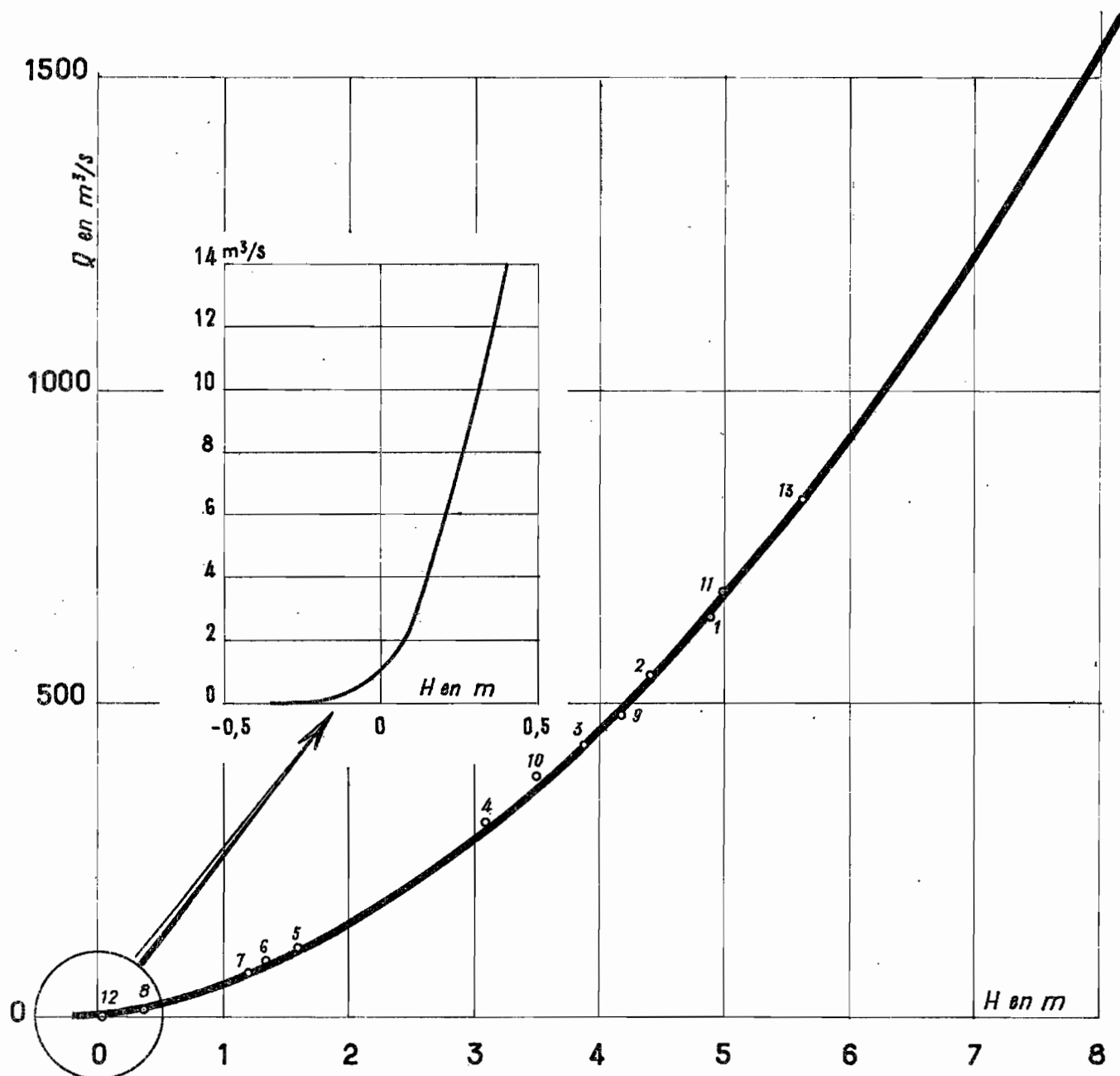
Etalonnage définitif, sauf pour les débits supérieurs à 900 m³/s.

L'échelle est installée dans une fosse, l'écoulement devient nul aux environs de la cote - 0,35. L'abaissement du niveau au-dessous de cette cote en saison sèche correspond à l'évaporation.

.../...

L'OUËMÉ AU PONT DE SAVÉ

Courbe d'étalonnage



La cote la plus forte enregistrée a été de 10,90 m en 1949. Pour les cotes supérieures à 6 m, la courbe de tarage a été extrapolée par les formules suivantes :

$$Q = V.S$$

$$S = 112 H + 60$$

$$V = \frac{1,5 (H + 0,30)}{H + 0,30 + 5,16}$$

III - Station de VOSSA sur la BEFFA -

Coordonnées géographiques :

Latitude = 8°30' Nord
 Longitude = 2°21' Est
 Surface du Bassin = 1 870 km²
 Cote du zéro de l'échelle = zéro non rattaché

L'échelle a été installée le 17 Avril 1953.

3 jaugeages ont été faits de 1953 à 1956, pour les basses eaux seulement de 0,005 à 16,80 m³/s.

La courbe d'étalonnage n'est valable que pour les basses eaux.

Les lectures d'échelles n'ont été assurées que jusqu'à la fin de 1958.

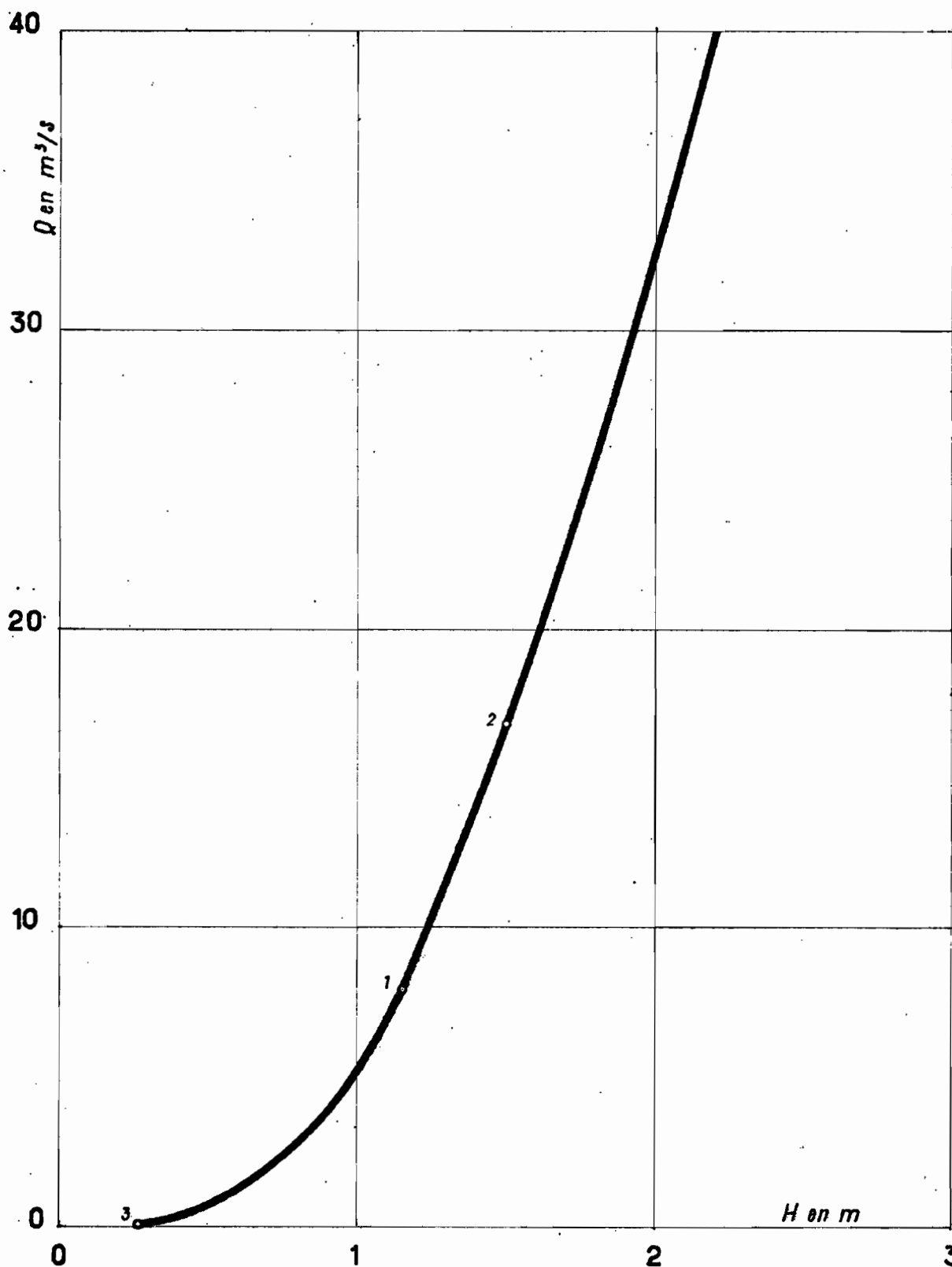
N°	Dates	Cotes en cm	Débits en m ³ /s
1	19. 7.53	115	7,94
2	30.10.53	150	16,80
3	4. 4.56	027	0,005

Ainsi l'écoulement cesse à la cote 026 environ.

.../...

LA BEFFA A VOSSA

Courbe d'étalonnage relative aux basses eaux



IV - Station de NANON sur l'OKPARA -

Coordonnées géographiques :

Latitude = 9°17 Nord
 Longitude = 2°44 Est
 Surface du bassin = 2 067 km²
 Cote du zéro de l'échelle = zéro non rattaché.

Une première échelle a été placée le 1er Juin 1952 par la Section Hydraulique des Travaux Publics du DAHOMEY sur la rive droite.

Mais une chaussée submersible ayant été construite à 50 m à l'aval de celle-ci après la crue de 1955, et un ouvrage de retenue à l'amont, cette échelle avait perdu toute signification en particulier pour les basses eaux.

Une seconde échelle a été placée en 1958 près du barrage, le zéro de celle-ci correspondant au sommet du barrage.

Sur les 16 jaugeages effectués, en tout 6 ont été faits avec la nouvelle échelle pour des débits allant de 0,57 à 92,5 m³/s.

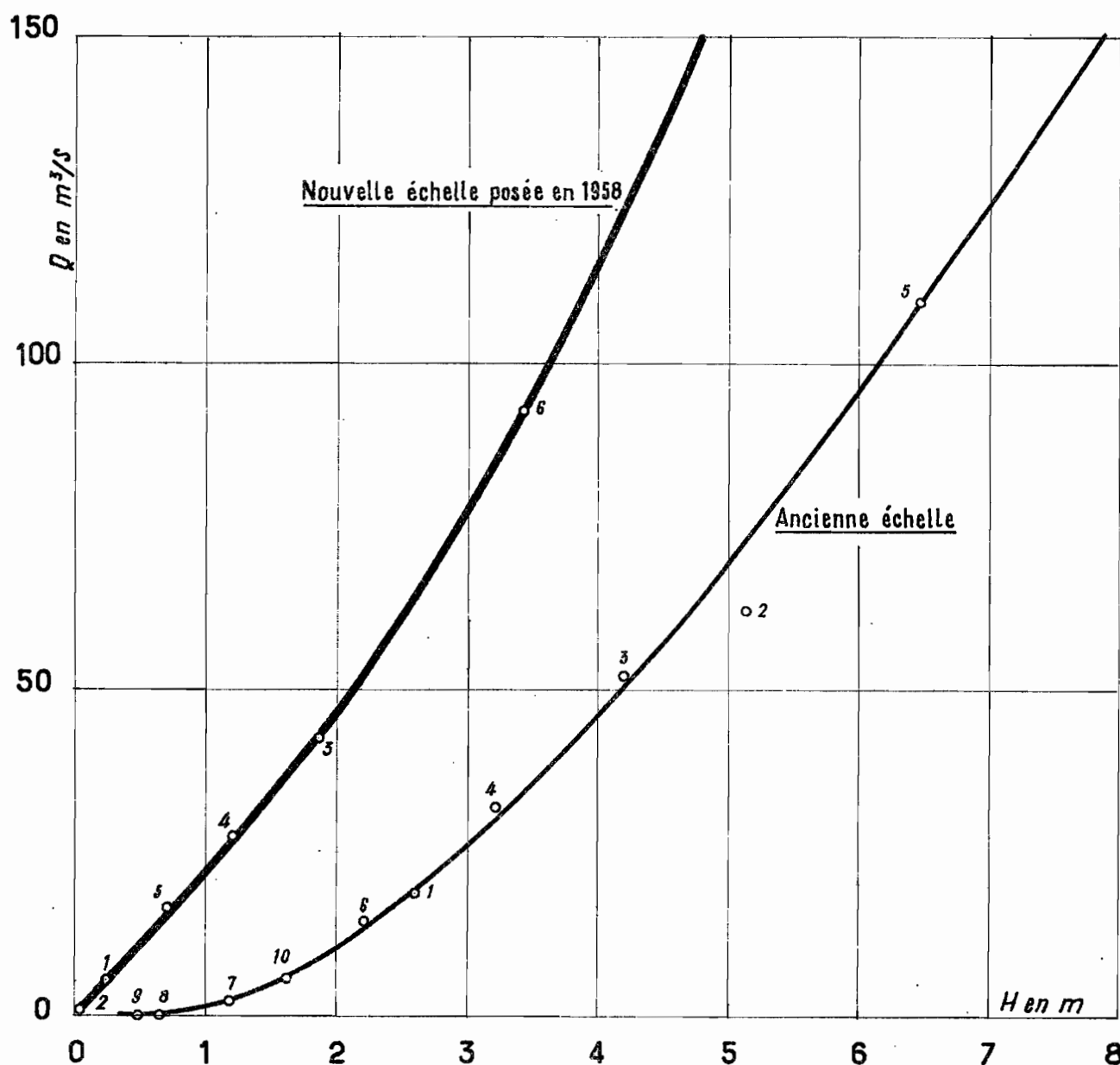
- ancienne échelle -

N°	Dates	Cotes en cm	Débits en m ³ /s
1	25. 7.52	261	18,9
2	31. 7.52	515	62,05
3	17. 8.52	424	52,0
4	18. 9.52	322	31,6
5	9.10.52	649	109,8
6	5.11.52	221	14,1
7	26.11.52	118	2,2
8	26. 1.53	065	0,115 flotteur
9	10. 5.53	050	0,001 "
10	20. 7.53	162	5,67

.../...

L'OKPARA A NANON

Courbe d'étalonnage



- nouvelle échelle -

N°	Dates	Cotes en cm	Débits en cm ³ /s
1	2.10.58	015	4,4
2	31.10.58	0045	0,57
3	14. 8.59	188	42,7
4	15. 8.59	121	27,6
5	16. 8.59	073	16,3
6	28. 8.59	342,5	92,5

L'étalonnage peut être considéré comme définitif
sauf pour les très hautes eaux.

V - Station de KABOUA sur l'OKPARA -

Coordonnées géographiques -

Latitude = 8°15 Nord
Longitude = 2°43 Est
Superficie du bassin = 9 600 km²
Cote du zéro de l'échelle = zéro non rattaché étant donné l'absence de borne repère.

L'échelle a été installée le 26 Mars 1951 par la
Section de l'Hydraulique des Travaux Publics du DAHOMEY.

La cote du zéro correspond approximativement à
la fin de l'écoulement apparent.

L'abaissement du plan d'eau au-dessous du zéro
est dû à l'évaporation.

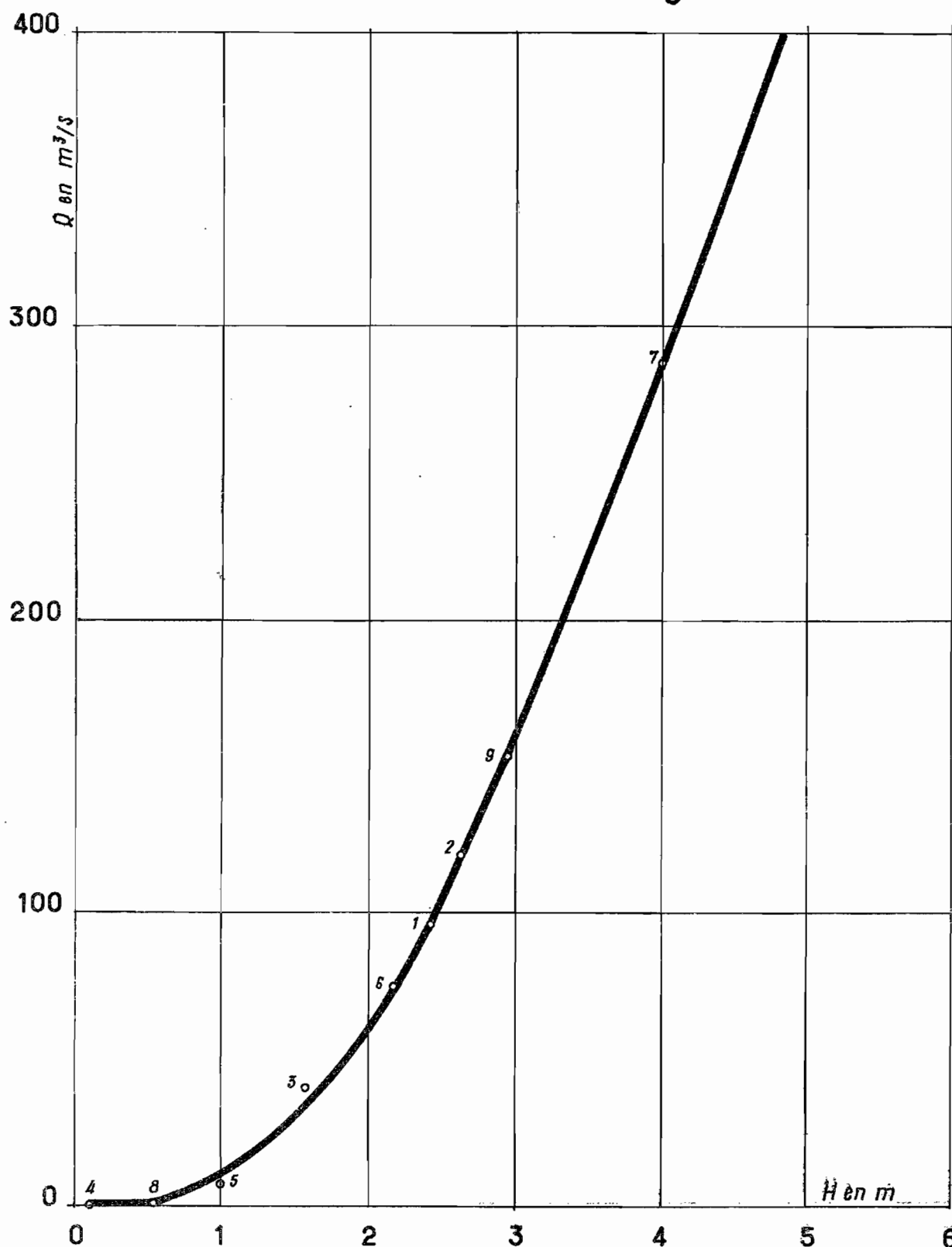
La section de jaugeage est située 50 m à l'amont
de l'échelle.

9 jaugeages ont été faits de 1951 à 1953 pour des débits
variant de 0,05 à 288 m³/s.

.../...

L'OKPARA A KABOUA

Courbe d'étalonnage



N°	Dates	Cotes en cm	Débits en m3/s
1	26. 9.51	242	96,2
2	20.10.51	265	119,8
3	25.11.51	158	40,8
4	26. 5.52	010	0,05
5	23. 7.52	100	7,9
6	20. 8.52	218	74,9
7	8.10.52	401	288,2
8	21. 1.53	055	0,99
9	29.10.53	296	154,0

L'étalonnage peut être considéré comme définitif sauf pour les forts débits.

VI - Station de ZOUDJI sur le ZOU -

Coordonnées géographiques :

Latitude = 7°52 Nord
Longitude = 1°49 Est
Surface du bassin = 2 018 km2
Cote du zéro de l'échelle = zéro non rattaché.

L'échelle a été installée le 14 Avril 1953.

4 jaugeages seulement ont été effectués de 1953 à 1955 et uniquement pour les basses eaux, de 0,017 à 19,52 m3/s, les crues étant rapides sont difficiles à mesurer.

La courbe d'étalonnage provisoire est fortement extrapolée pour les hautes eaux.

N°	Dates	Cotes en cm	Débits en m3/s
1	17. 7.53	135	19,52
2	11. 9.53	067	5,99
3	15. 9.54	036	2,01
4	15.12.55	-016	0,027

Le jaugeage n° 4 a été effectué au flotteur.

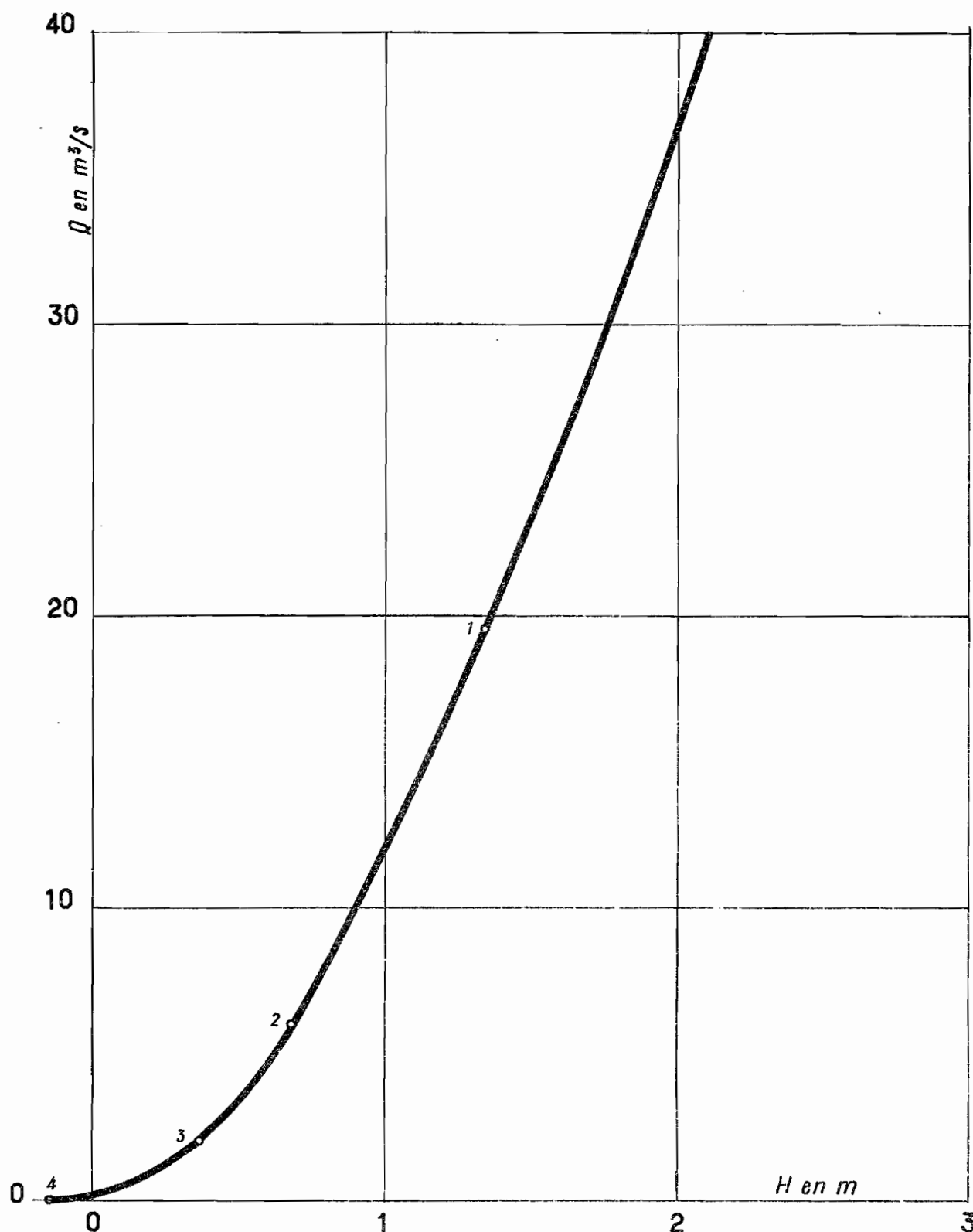
L'écoulement devient nul à la cote - 0,25 environ.

Les lectures d'échelles n'ont été assurées que jusqu'à la fin de 1958.

.../...

LE ZOU A ZOUDJI

Courbe d'étalonnage relative aux basses eaux



VII. - Station d'ATCHERIGBE sur le ZOU -

Coordonnées géographiques -

Latitude = 7°32 Nord
 Longitude = 2°02 Est
 Superficie du bassin = 6 950 km²
 Cote du zéro de l'échelle = 52,458 (nivellement I.G.N.)
 Cote repère I.G.N. = 66,279

Une première échelle a été installée par le Chemin de Fer BENIN-NIGER sur une pile du pont en 1942 et lue jusqu'en 1950. Les relevés hebdomadaires sont peu sûrs et relatifs aux hautes eaux.

Une seconde échelle a été installée par la Section Hydraulique des Travaux Publics le 23 Mars 1951, calée à la même cote que la précédente.

Le lit rocheux est stable.

Il existe à l'aval un barrage rocheux naturel. Pour les débits inférieurs à 60-80 l/s, la totalité du débit filtre à travers ce barrage, d'où une brutale discontinuité dans la partie basse de la courbe de tarage.

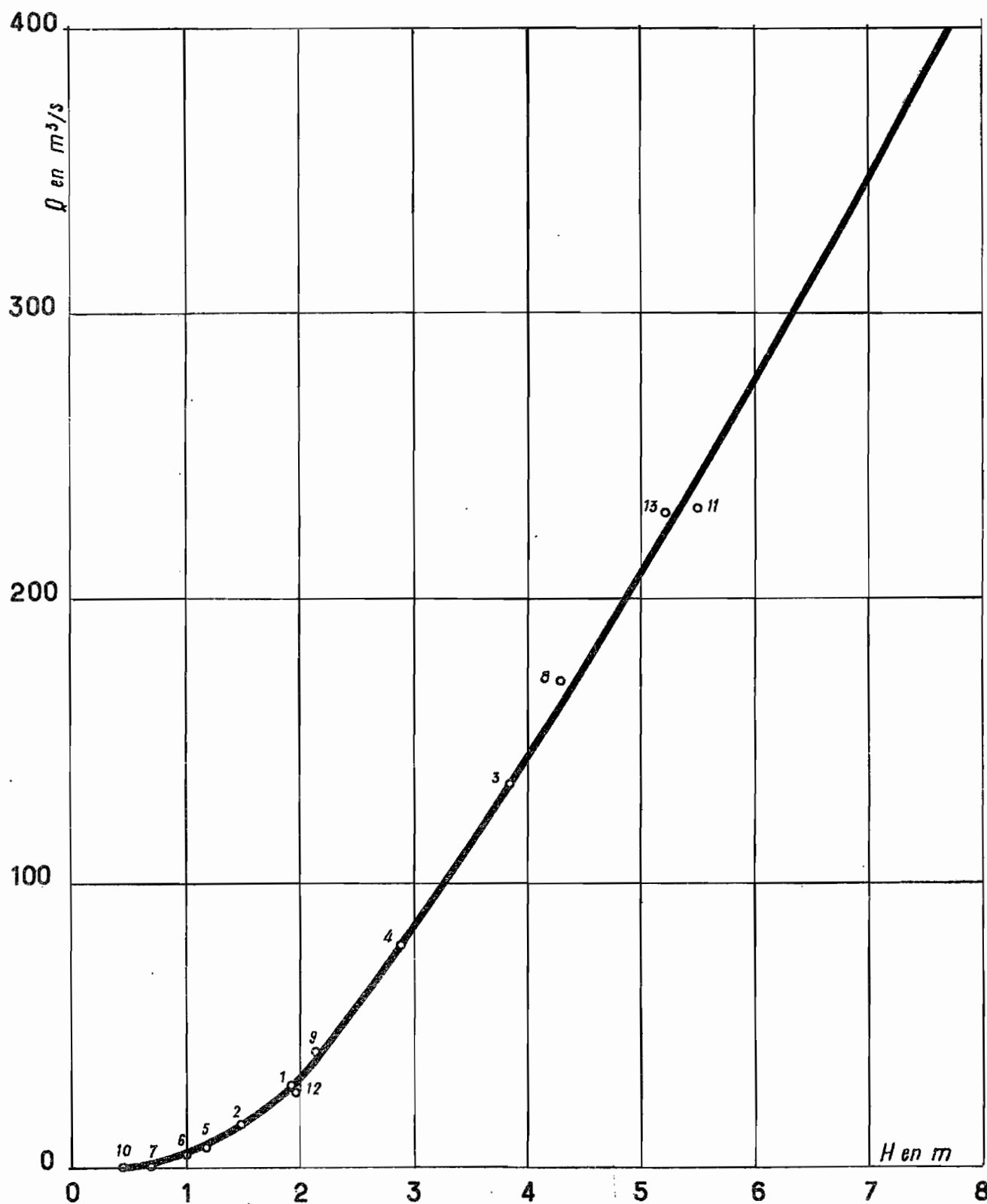
13 jaugeages ont été effectués entre les débits 0,01 et 232 m³/s de 1951 à 1960.

N°	Dates	Cotes en cm	Débits en m ³ /s
1	16. 9.51	194	28,4
2	28. 9.51	150	15,1
3	22.10.51	386	135,3
4	23.10.51	288	78,3
5	22.11.51	120	7,4
6	27.11.51	100	4,1
7	21.12.51	070	0,1
8	6.10.52	430	170,8
9	29.10.52	215	40,4
10	19. 1.53	046	0,01
11	13.10.54	550	232,0
12	6. 9.60	196,5	26,3
13	15.10.60	521	230,0

.../...

LE ZOU A ATCHÉRIGBÉ

Courbe d'étalonnage



La courbe d'étalonnage peut être considérée comme définitive pour les basses et moyennes eaux.

Elle a été extrapolée au moyen de la formule :

$$Q = 42,4 (H - 1,23)^{1,2}$$

VIII - Station de SAVALOU sur l'AGBADO -

Coordonnées géographiques :

Latitude	=	7°55 Nord
Longitude	=	2°00 Est
Surface du bassin	=	1 280 km ²
Cote du zéro de l'échelle	=	zéro non rattaché, pas de borne repère.

Une première échelle a été installée le 1er Avril 1951 sur la pile du pont avec graduation de 0 à 7 m. Son but était de fournir des indications pour l'élaboration d'un projet de barrage.

7 jaugeages ont été effectués pendant l'année 1951 pour des débits allant de 0,015 à 30,08 m³/s. Le barrage a été construit en 1952, 3 jaugeages effectués en 1954 et 1955 pour les basses eaux donnent des indications sur la modification de la loi hauteurs-débits.

Des lectures ont été faites à cette échelle en 1951-1952 et 1958.

Une seconde échelle a été placée en Juillet 1952 avant la mise en service du barrage. Un premier élément de 0 à 3 m a été placé sur le barrage même, le zéro correspondant au pied du barrage, la cote 3,00 étant celle du déversoir. Un autre élément a été placé à l'amont du barrage, permettant de mesurer la hauteur d'eau au-dessus du déversoir.

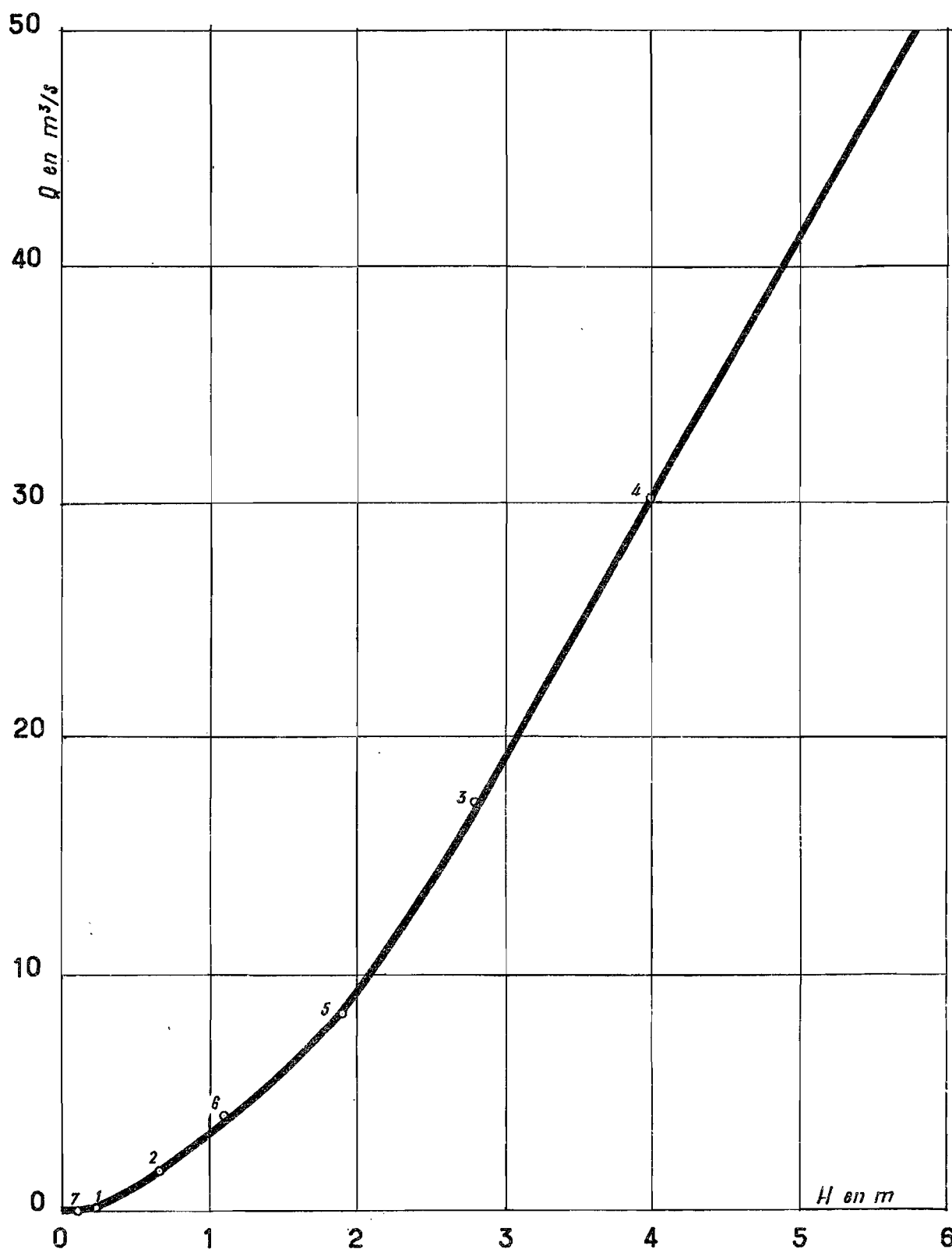
4 jaugeages ont été effectués au déversoir pour des débits allant de 0,66 à 16,27 m³/s.

Une formule a été calculée pour déterminer le débit s'écoulant par le déversoir, on a :

$$Q \text{ déversoir} = 0,35 l h \sqrt{2gh} \text{ avec } l = 15 \text{ m.}$$

L'AGBADO AU PONT DE SAVALOU

Courbe d'étalonnage pour 1951



La comparaison des débits mesurés et calculés grâce à cette formule permet d'établir une courbe de tarage jusqu'à la cote 6,00 ou 3,00 du déversoir.

Les lectures ont lieu au barrage déversoir depuis 1957.

Echelle du pont -

N°	Dates	Cotes en cm	Débits en m ³ /s
1	24. 3.51	021	0,025
2	17. 9.51	066	1,77
3	21. 9.51	280	17,3
4	22. 9.51	403	30,08
5	23. 9.51	190	8,31
6	27. 9.51	113	3,3
7	20.12.51	015	0,015
8	4. 6.54	048	0,69
9	10.11.54	083	3,76
10	15.12.55	026	0,027

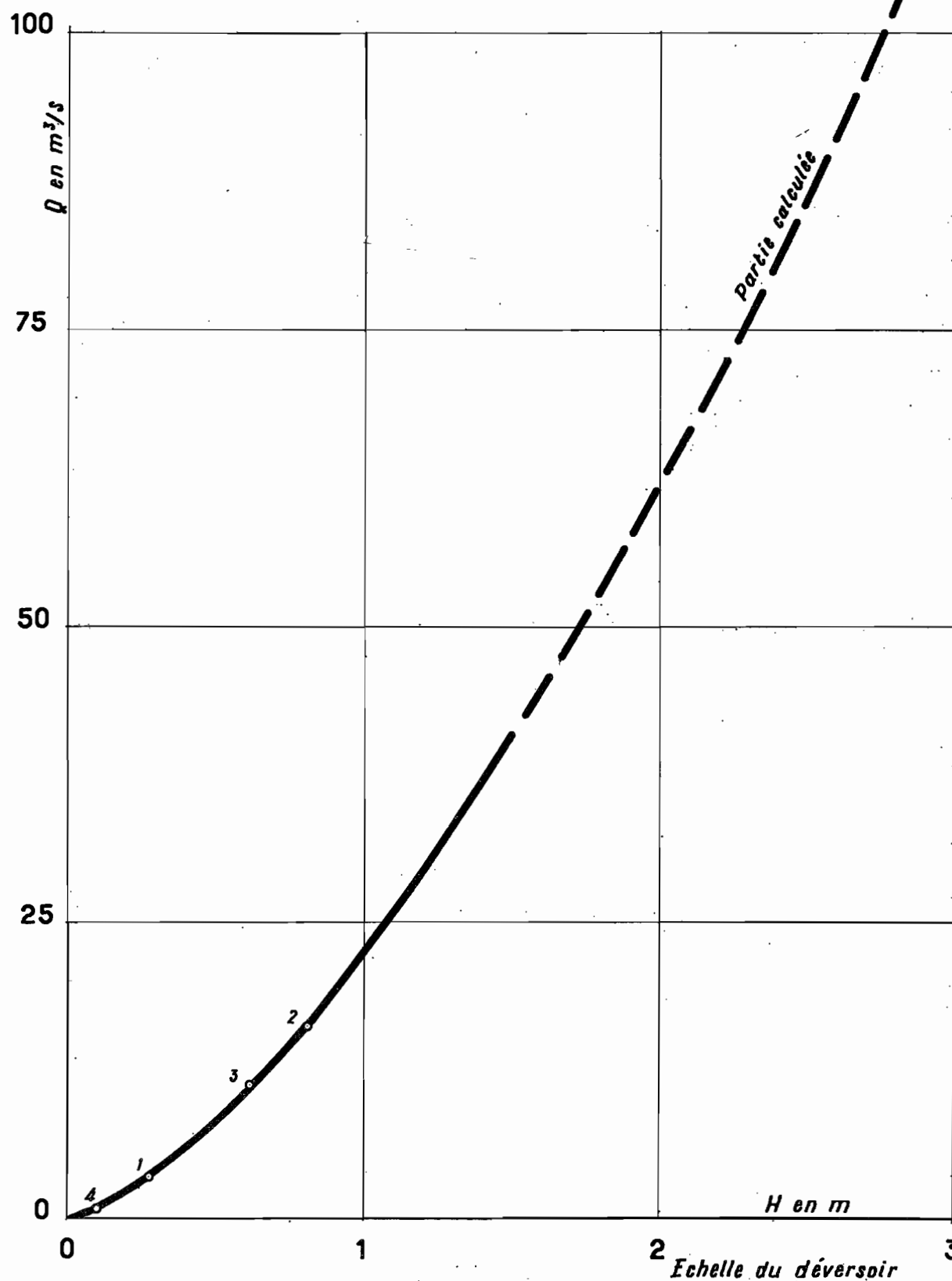
Echelle du déversoir -

N°	Dates	Cotes en cm	Débits en m ³ /s
1	13. 8.59	328	3,35
2	7. 9.60	382,5	16,27
3	15.10.60	361,5	10,86
4	2.11.61	311	0,66

.../...

L'AGBADO AU BARRAGE-DÉVERSOIR DE SAVALOU

Courbe d'étalonnage



IX - Station de LOGOZOHE sur le KLOU -

Coordonnées géographiques :

Latitude = 7°53 Nord
 Longitude = 2°07 Est
 Superficie du bassin = 300 km²
 Cote du zéro de
 l'échelle = 123,003m (nivellement I.G.N.)

L'échelle a été installée le 9 Avril 1952 par la
 Section de l'Hydraulique des Travaux Publics du DAHOMEY.

Les jaugeages se font sous le pont.

Un étalonnage provisoire a été assuré par 10
 jaugeages de 0,001 à 16,2 m³/s (1952 à 1960).

N°	Dates	Cotes en cm	Débits en m ³ /s
1	21. 7.52	028	0,20
2	22. 7.52	091	6,08
3	25. 9.52	061	2,6
4	6.10.52	150	13,6
5	29.10.52	047	0,92
6	18. 7.53	173	16,23
7	28.10.53	049	1,33
8	13.12.55	009	0,001
9	13. 8.59	059	1,95
10	7. 9.60	067	2,74

L'écoulement s'arrête à la cote 0,09 m de
 l'échelle du limnimètre.

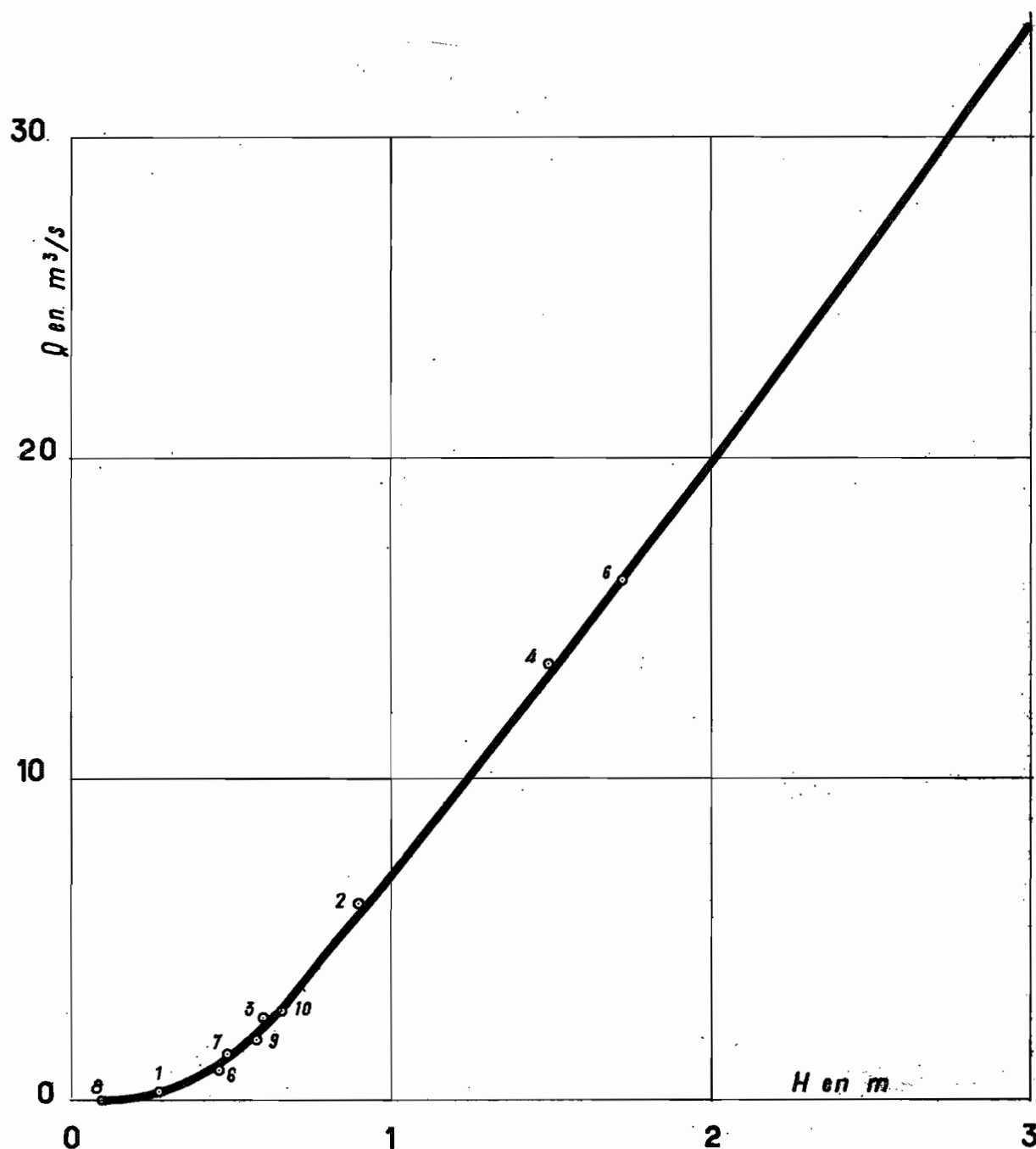
Forte extrapolation de la courbe de tarage vers
 les hautes eaux.

Les pointes de crues sont difficiles à saisir et
 à mesurer en raison de leur brièveté.

.../...

LE KLOU A LOGOZOHÉ

Courbe d'étalonnage



X - Station de DASSA-ZOUME sur la LHOTO -

Coordonnées géographiques :

Latitude = 7°47 Nord
Longitude = 2°10 Est
Surface du bassin = 75 km²
Cote du zéro de
l'échelle = zéro non rattaché

L'échelle a été mise en service le 7 Mai 1953.

3 jaugeages ont été effectués en 1953-1954 de 0,025 à 2,08 m³/s.

N°	Dates	Cotes en cm	Débits en m ³ /s
1	15. 7.53	128	2,08
2	10. 9.53	090	0,088
3	9.11.54	072	0,025

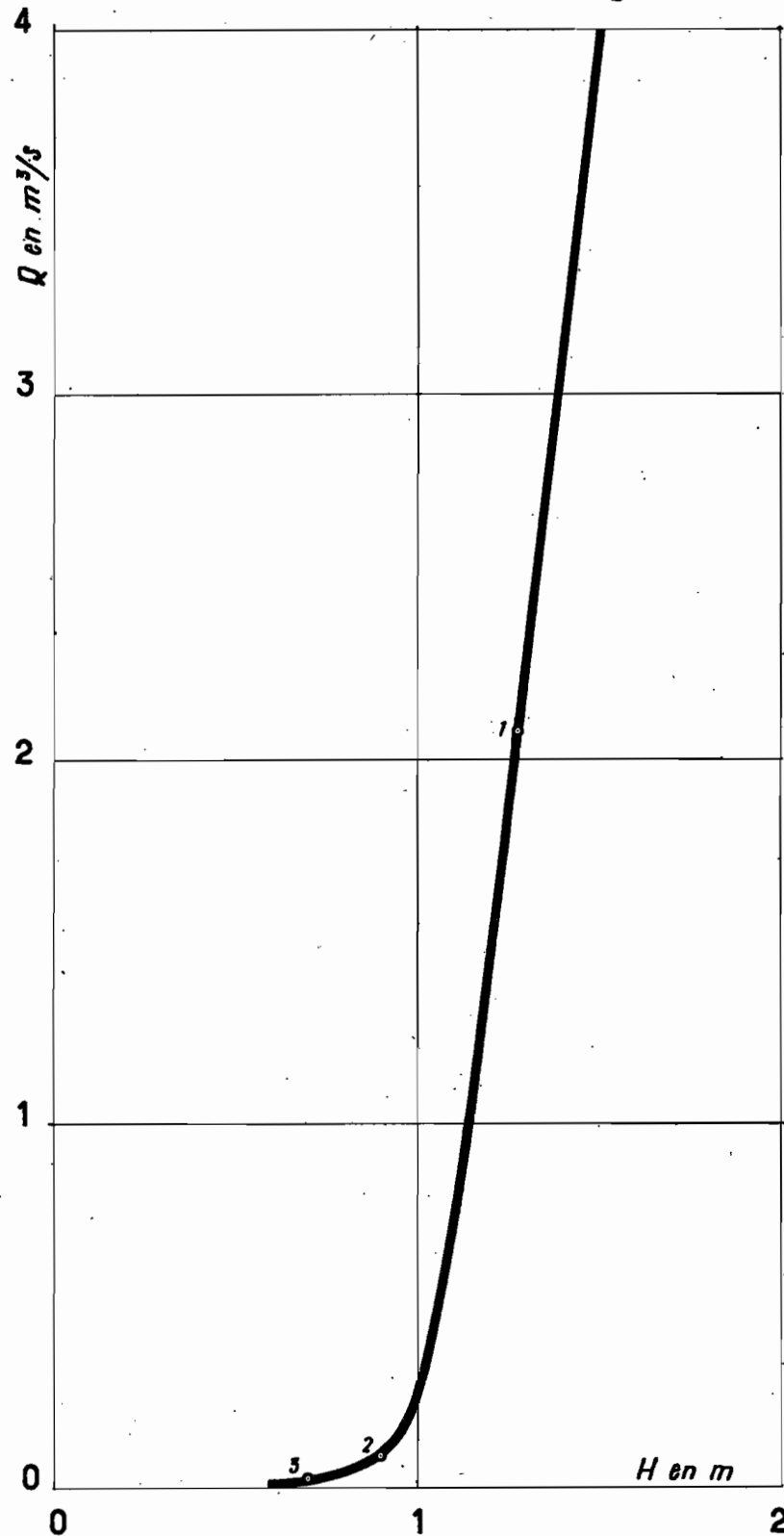
L'écoulement cesse à la cote 060.

Les lectures d'échelles ont été assurées de 1953 à 1956 inclus.

.../...

LA LHOTO A DASSA-ZOUMÉ

Courbe d'étalonnage



2 - Bassins versants expérimentaux -

Ces bassins ayant fait l'objet d'une étude détaillée (Rapport Général en Février 1960), nous n'indiquerons ici que les données essentielles concernant l'équipement météorologique et hydrométrique.

Nous disposons de 2 ensembles de petits bassins expérimentaux.

1) Celui de la LHOTO dans la région de DASSA-ZOUME, situé dans le bassin du ZOU, dans une zone granitique assez décomposée ayant constitué des sols très perméables.

2) Celui de la TERO, près de DJOUGOU, situé dans le haut bassin de l'OUEME, reposant sur des gneiss sur lesquels se trouvent des vestiges de cuirasse latéritique ; de façon générale, les sols sont bien moins perméables.

L'étude du ruissellement dans ces deux bassins sera particulièrement intéressante, ceux-ci ayant des caractères très différents.

A - Bassins de la LHOTO -

Le bassin principal présente une superficie de 45 km² à la station de MOUMOU DJI, de coordonnées 7°48' latitude Nord et 2°10' longitude Est.

En ce qui concerne la météorologie, le bassin était ainsi équipé :

- 4 pluviographes à augets basculeurs (dont 1 Richard appartenant aux Travaux Publics)
- 20 pluviomètres Association (dont l'installation a été faite progressivement au cours de la campagne).

La station météorologique de MOUMOU DJI comportait :

- 1 abri météo comprenant :

- 1 évaporomètre Piche
- 1 thermomètre sec
- 1 thermomètre humide
- 1 thermomètre à minimums
- 1 thermomètre à maximums
- 1 hygromètre enregistreur (Travaux Publics)
- 1 bac Colorado enterré, de 1 m sur 1 m.
- 1 thermomètre enregistreur (Travaux Publics)

.../...

L'équipement hydrométrique était le suivant :

Une station de jaugeage a été installée en 1956 ; elle était équipée d'une passerelle en rails et tubes Mills d'une échelle limnimétrique, d'un abri pour le lecteur.

Un limnigraphe Ott, type XV doublé d'une échelle, y avait été installé également.

3 jaugeages ont été faits en 1956 et 42 en 1957, ils donnaient un étalonnage correct, mais le fond du lit composé d'alluvions sableuses peut être fortement remanié à la suite de fortes crues. Aussi en 1959, 12 jaugeages de contrôle ont-ils été effectués entre 0,20 m et 2,73 m.

L'écoulement cesse entre 0,07 et 0,10 m.

On constate que, pour une même cote, les résultats obtenus en 1959 sont supérieurs à ceux de 1957, sauf pour les très basses eaux.

Une nouvelle courbe de tarage a donc été tracée pour 1959, elle coïncide avec l'ancienne au-dessous de 0,45 m et lui est supérieure au-delà ; le décalage passe par un maximum de 29% pour 1,00 m à l'échelle et redescend à 15% pour 1,50 m et 9% pour 2 m, valeur à laquelle il se maintient pour des cotes supérieures.

Stations secondaires :

- Station de la SOUSSOU à MODJI, 7,4 km² de superficie. Installée sous le pont de la route, elle était simplement pourvue d'une échelle limnimétrique en 1956. L'année suivante, on l'a équipé d'un limnigraphe OTT type X, d'un abri pour lecteur et d'une passerelle en tube pour les mesures. De plus une section en maçonnerie prolongée sur les rives par une digue de protection a été construite afin de permettre des jaugeages corrects.

- Station de l'OLODJO, 5,1 km² de superficie, installée également sous le pont de la route DASSA ZOUME-SAVE, en 1956, dotée d'une échelle limnimétrique ; on lui a adjoint ensuite une section en maçonnerie et une passerelle ; mais en 1958, cette section faisant double emploi avec celle de la SOUSSOU a été convertie en simple échelle à maximums.

- Station de BOHM BOHM sur la LHOTO, 12 km² de superficie. Elle a été placée sur la LHOTO en amont du confluent de l'OLODJO au droit de BOHM BOHM en 1957. Le lit de la LHOTO divaguant au milieu des herbes, on a construit une section en maçonnerie de 3 m de large, prolongée par une digue. Elle était équipée d'une échelle limnimétrique. En 1958,

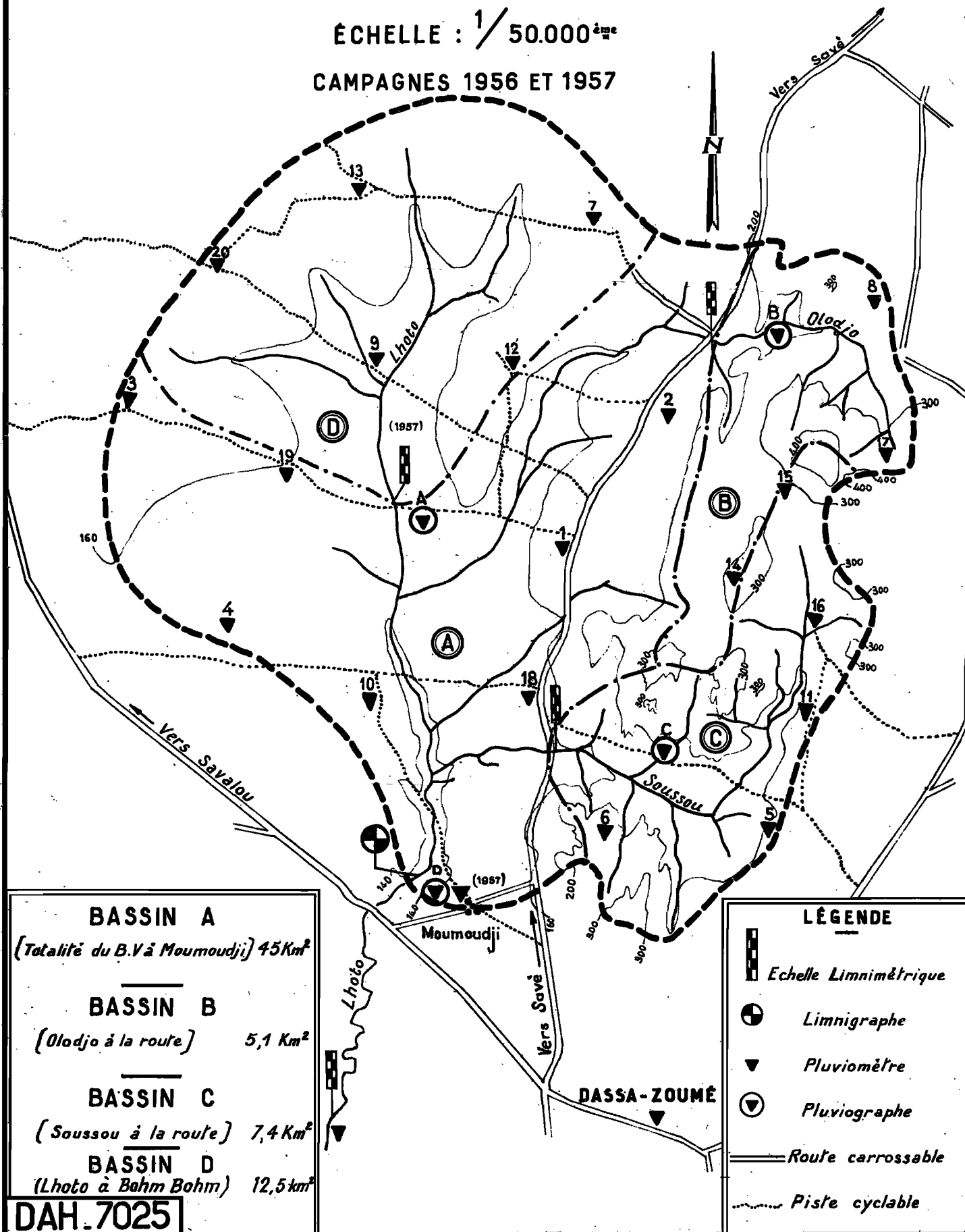
.../...

BASSIN VERSANT DE LA LHOTO

Gr-38

ÉCHELLE : 1/50.000^{ème}

CAMPAGNES 1956 ET 1957



DAH 9395

ED:

LE: 100-1-100000

DES: JP Hoeffling

VISA:

TUBE N°:

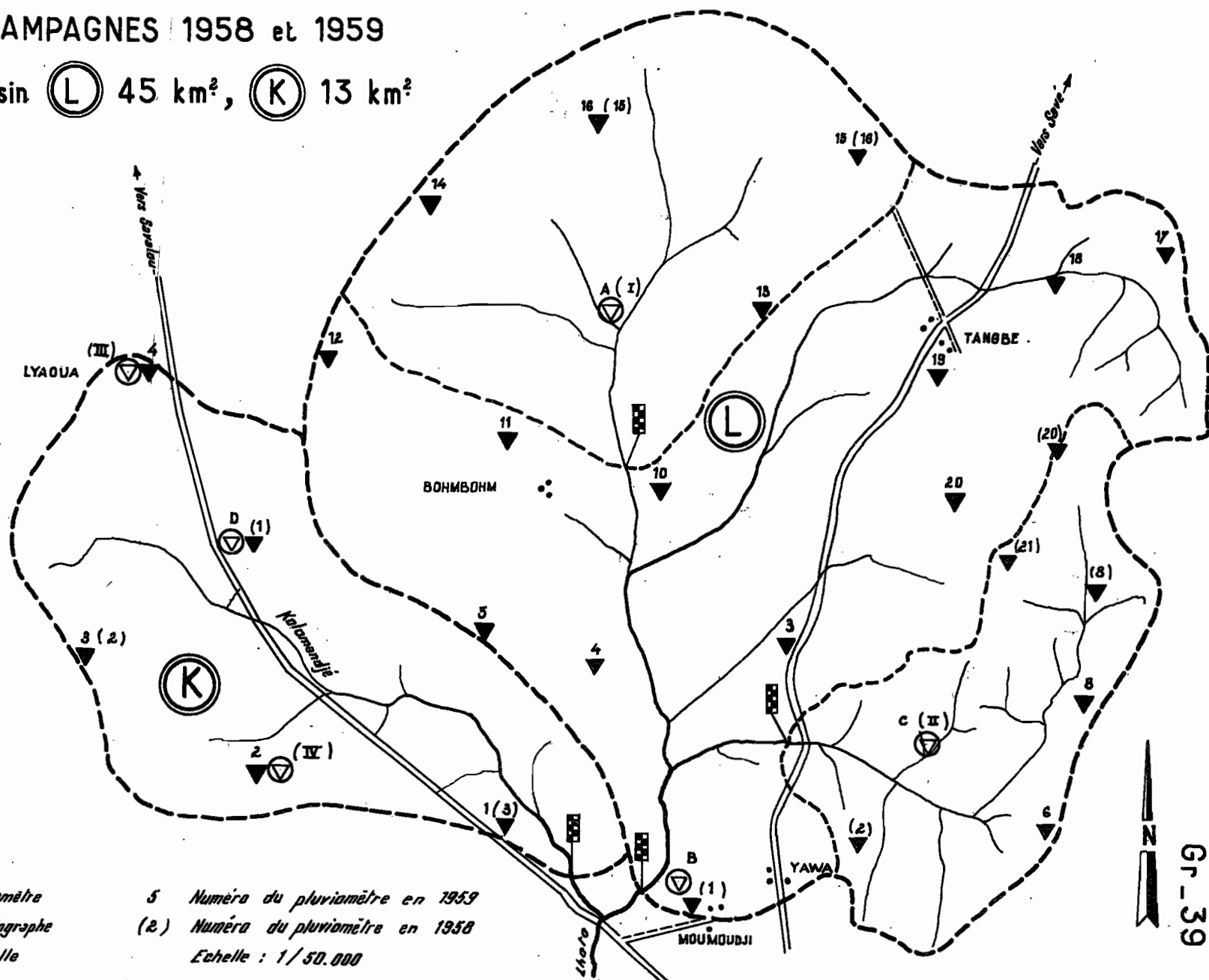
AO

ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

Bassins Versants de la LHOTO et de la KOLOMANDJE (DAHOMÉY)

CAMPAGNES 1958 et 1959

Bassin (L) 45 km², (K) 13 km²



Pluviomètre

Pluviographe

Echelle

5 Numéro du pluviomètre en 1959

(2) Numéro du pluviomètre en 1958

Echelle : 1/50.000

Gr-39

cette station a été simplement pourvue d'une échelle à maximums.

- Station de la KOLOMANDJE, 13 km² de superficie. Elle se compose d'un limniographe OTT et d'une échelle limnimétrique de contrôle de 2 m. Son installation a eu lieu en 1958.

B - Bassins de la TERO -

La TERO, affluent de l'OUEME, coupe la route de SAVALOU à 3 km du centre de DJOUGOU. Le bassin principal a une superficie de 32 km². Il est compris entre les parallèles 9°39 et 9°42 de latitude Nord et les méridiens 1°34 et 1°40 de longitude Est.

Equipement météorologique :

La station climatologique de DJOUGOU a pu fournir les valeurs caractéristiques du climat.

Une station météorologique complète a été installée à FOUNGA et les observations se sont effectuées de Mai 1957 à Juillet 1958. Elle comportait en particulier, pour l'étude de l'évaporation, un bac Colorado enterré de 1 m sur 1 m.

Pour les études pluviométriques, il existait en 1956 :

- 1 pluviomètre totalisateur à balance
(pluviographe) à BAREI
- 1 pluviomètre à SAPAGA
- 1 pluviomètre à FOUNGA

En 1957, on a installé :

- 1 pluviographe à l'aval du bassin
- 6 pluviomètres répartis sur le bassin.

Equipement hydrométrique :

La station principale de la TERO a été pourvue d'une échelle limnimétrique installée en 1956 à 10 m en amont du pont de la route de SAVALOU où sont effectués les jaugeages.

.../...

Les crues ont été enregistrées à l'aide d'un limni raphe "RICHARD" placé au droit de la section de jaugeages, sur une colonne de buses de 0,60 m de diamètre. En 1956 et 1957, 13 jaugeages ont été effectués entre 0,29 et 1,97 m pour des débits allant de 0,095 à 14,38 m³/s.

En 1957, on a procédé à l'installation de deux autres échelles limnimétriques :

- l'une à PASSAR où le bassin versant de la TERO a 24 km²
- l'autre à FOUNGA où le bassin versant de la TERO a 12 km².

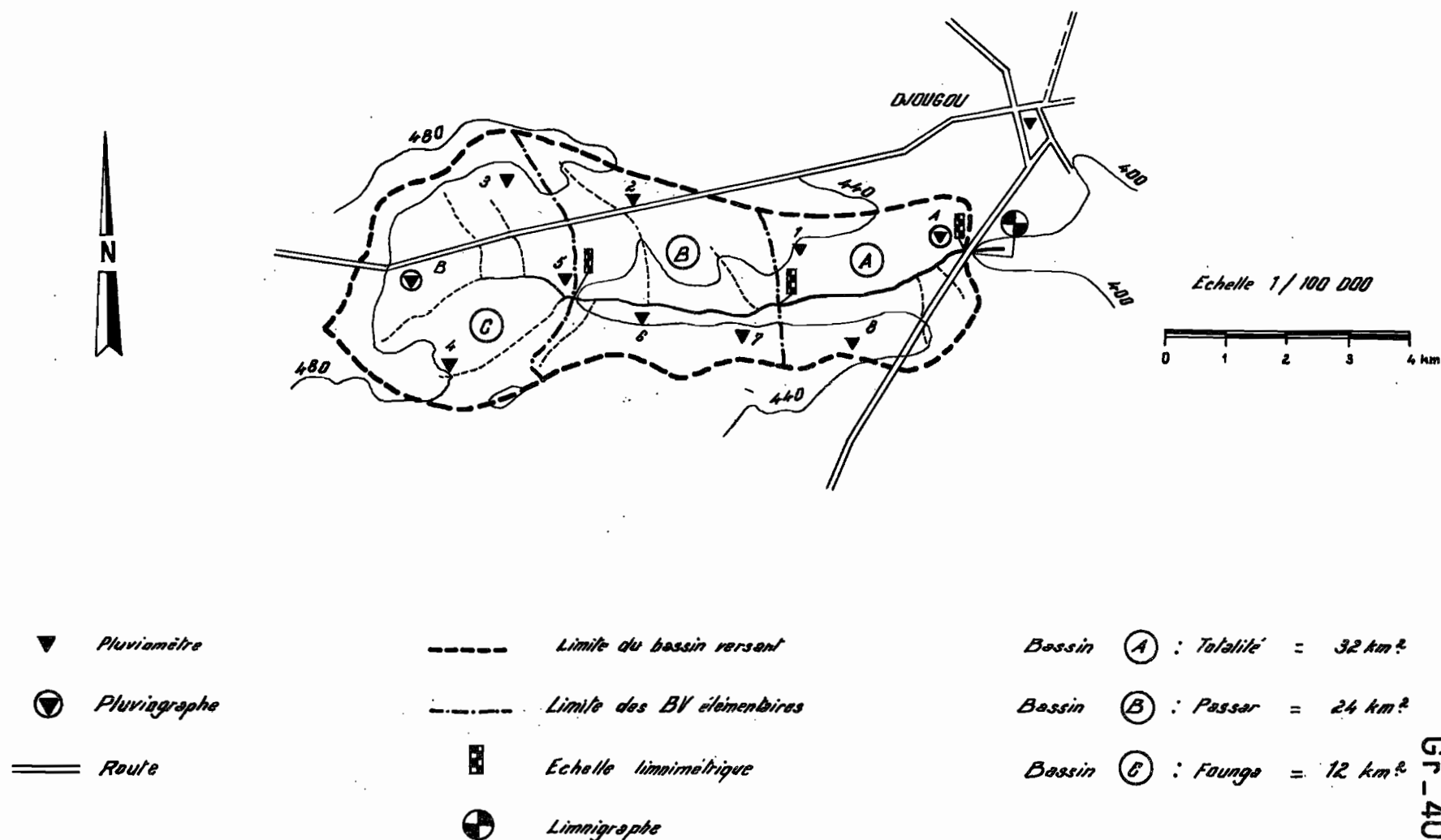
Ces échelles sont destinées à l'étude de la genèse et de la propagation des crues sur la TERO où elles sont d'allure assez hétérogènes.

DAH 9392

ED: ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER
LE: M. V. MONT DES: J. P. Haché VISAS: TUBE N°: AO

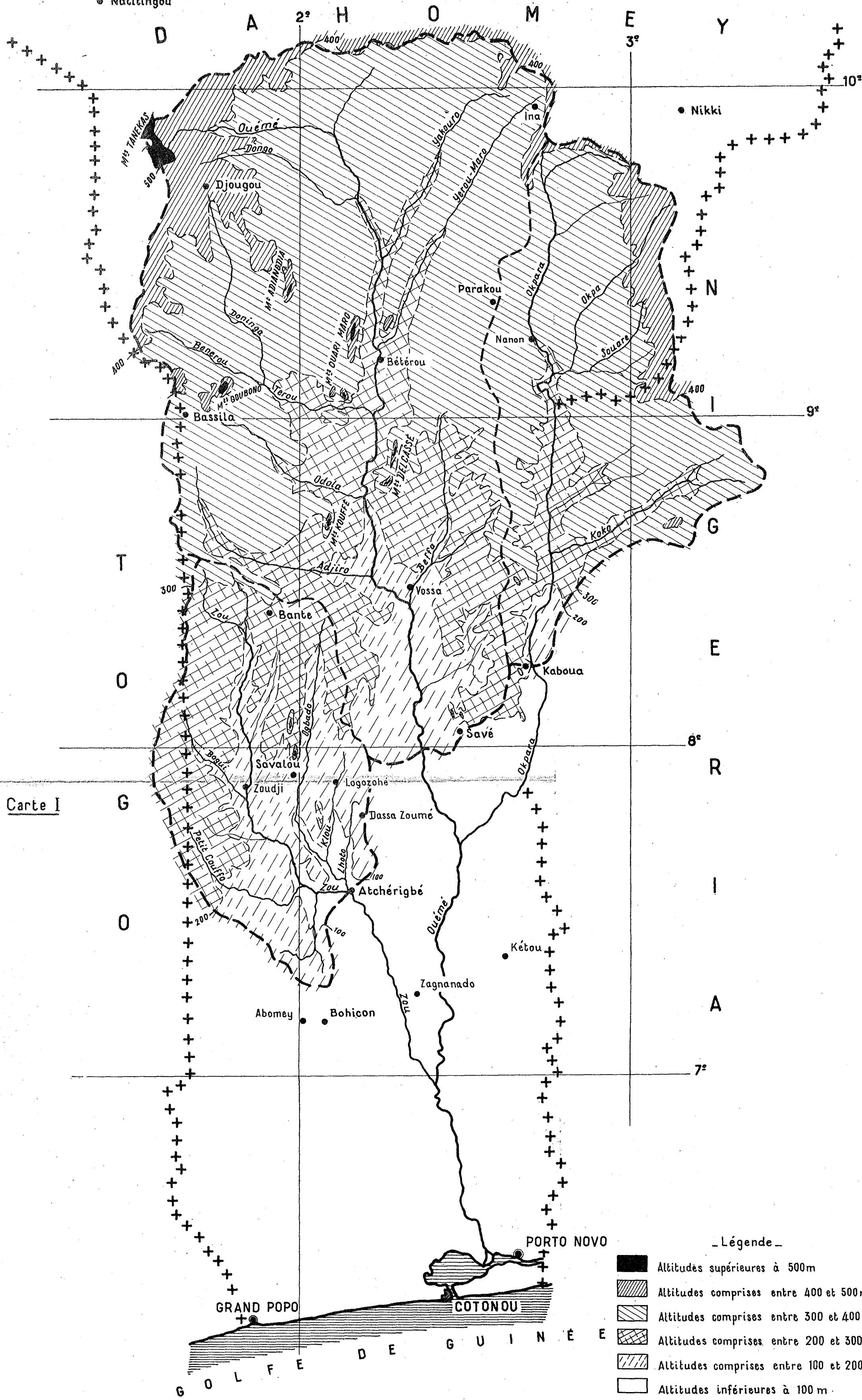
BASSIN VERSANT DE LA TERO

Superficie : 32 km²



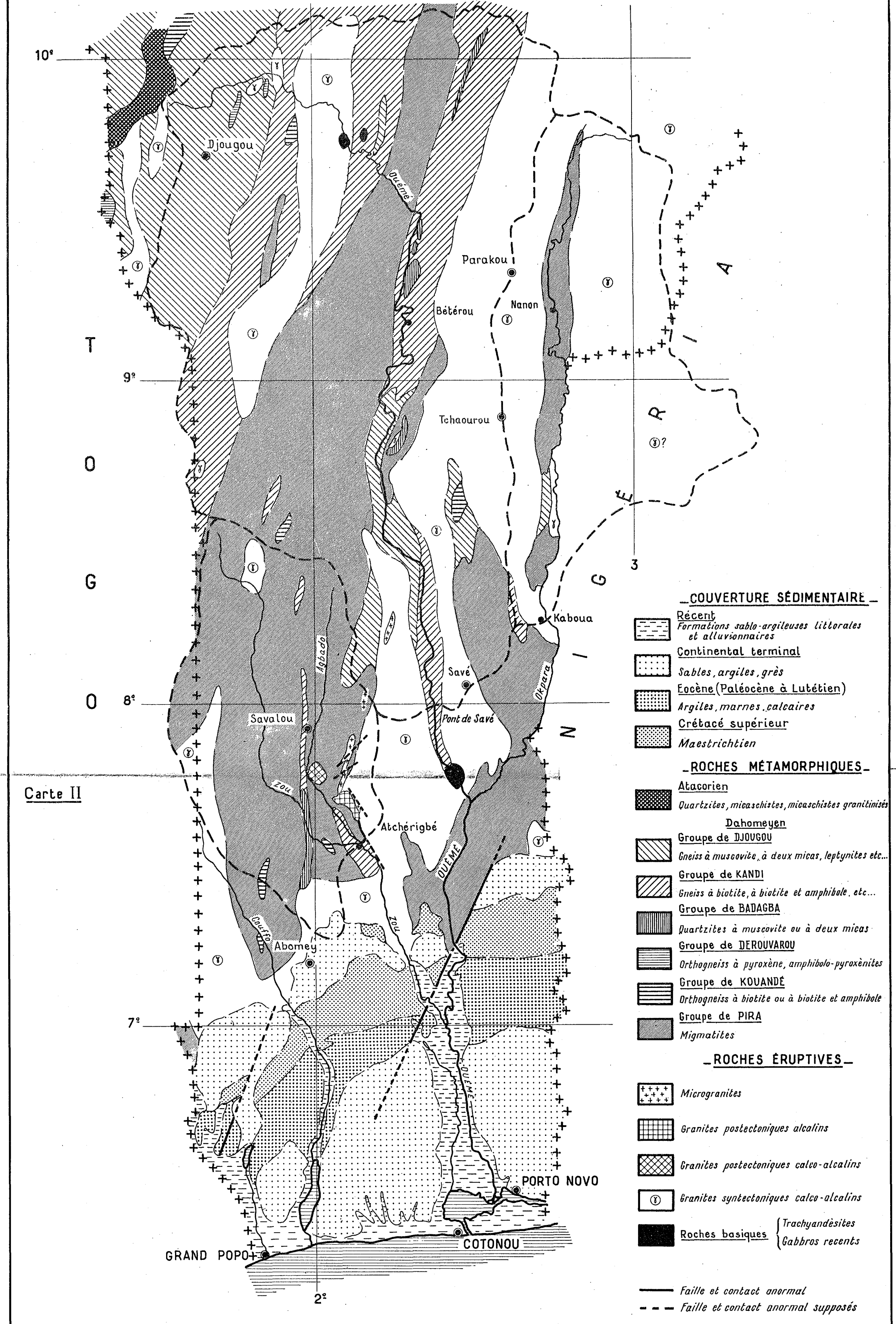
Gr-40

• Natitingou



Carte du relief

ÉCHELLE : 1/1 000 000



Carte II

Carte géologique

ECHELLE : 1/1000000

D'après la carte publiée en 1960 par le B.R.G.M.

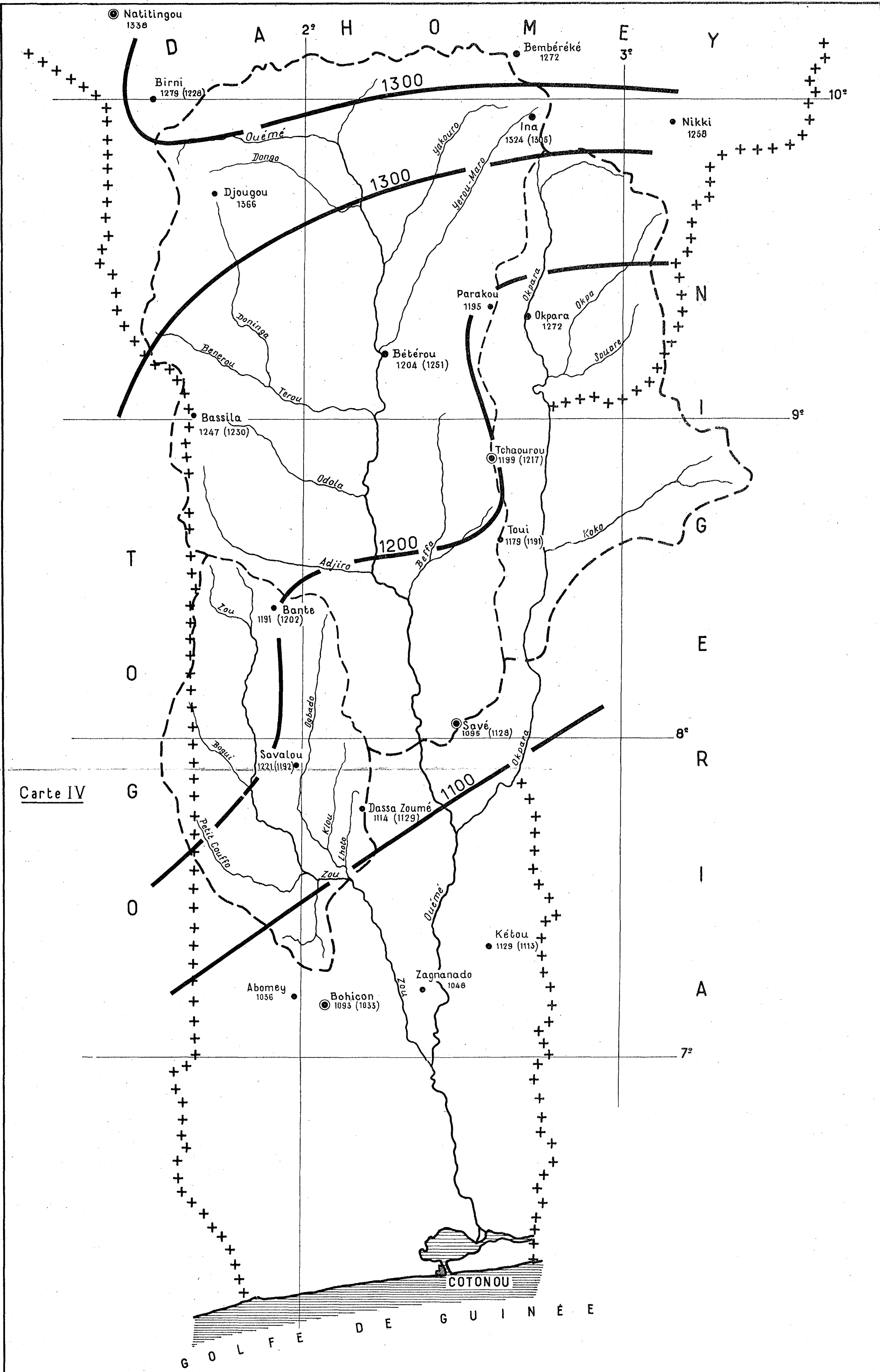
ORSTOM

0.20

DATE : 3. 63

DESSINÉ : G. G. G. G.

DAH_141003



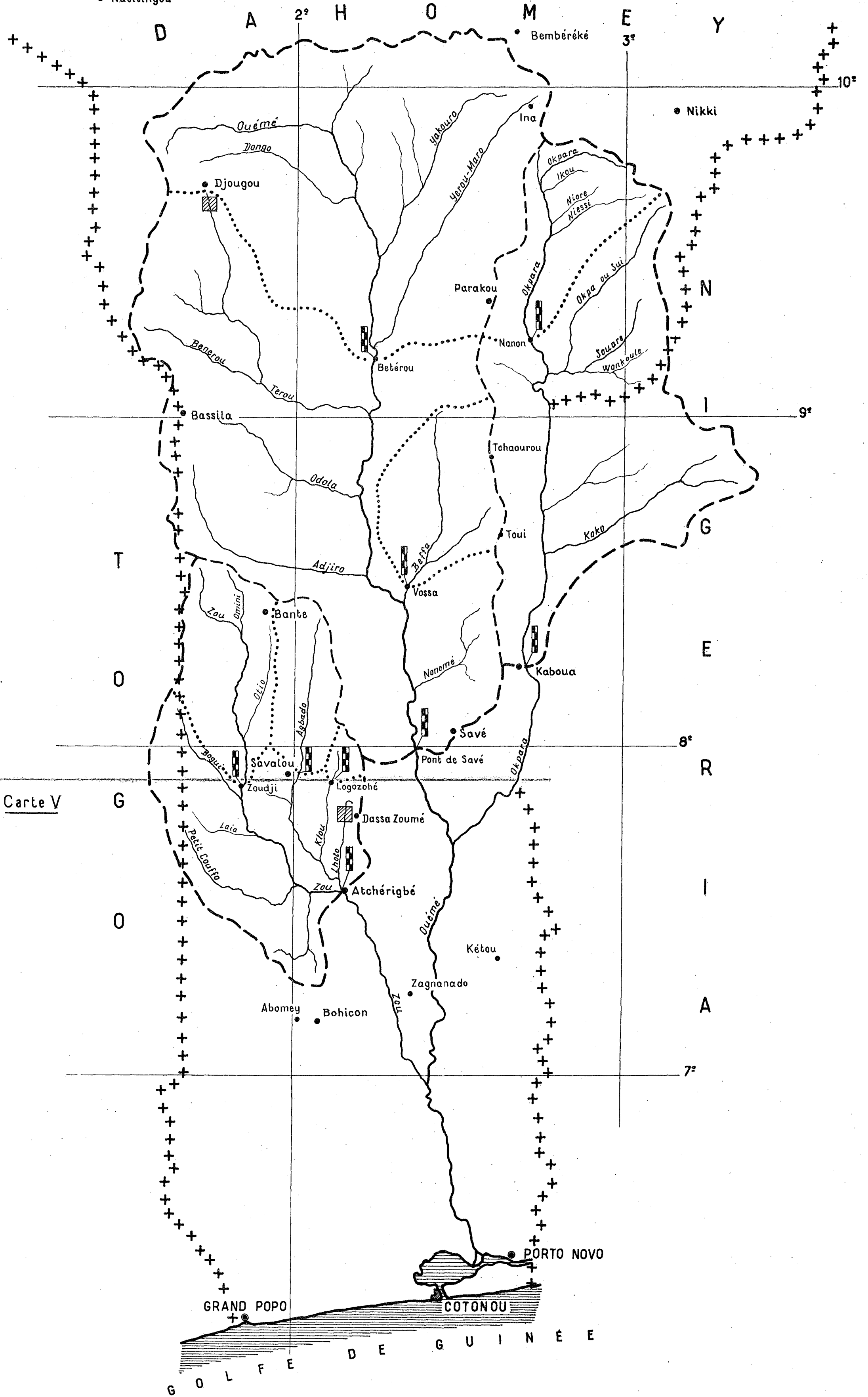
Carte IV

Isohyètes interannuelles

ECHELLE : 1/1000 000

- Station climatologique 1093 - Valeur observée
- Station pluviométrique (1033) - Valeur calculée par homogénéisation

• Natitingou



Équipement hydrométrique

ÉCHELLE : 1/1 000 000

- Station de jaugeages
- Bassin versant expérimental
- Limite de B.V principal
- Limite de B.V secondaire

Office de la Recherche Scientifique
et Technique Outre-Mer

Service Hydrologique

République du DAHOMEY

Ministère des Travaux Publics

Arrondissement de l'Hydraulique

MONOGRAPHIE de l'OUÉMÉ SUPÉRIEUR



Tome II

Interprétation des résultats d'observations

Éléments caractéristiques du régime

par

J. RODIER

et

J. SIRCOULON

OFFICE de la RECHERCHE SCIENTIFIQUE
et TECHNIQUE OUTRE-MER

Service Hydrologique

République du DAHOMEY

MINISTERE des TRAVAUX PUBLICS

Arrondissement de l'Hydraulique

MONOGRAPHIE de l'OUENE SUPERIEUR

Tome II

INTERPRETATION des RESULTATS d'OBSERVATION
ELEMENTS CARACTERISTIQUES du REGIME

par

J. RODIER

J. SIRCOULON

MONOGRAPHIE de l'OUEME SUPERIEUR

S O M M A I R E

Tome II

3ème Partie - Eléments caractéristiques du Régime - Interprétation des résultats d'observations.

	Page
Préambule	68
3.1-Débits observés et variations saisonnières	71
Station de l'OUEME à BETEROU	71
" de l'OUEME à SAVE	76
" de la BEFFA à VOSSA	81
" de l'OKPARA à NANON	84
" de l'OKPARA à KABOUA	87
" du ZOU à ZOUDJI	91
" du ZOU à ATCHERIGBE	94
" de l'AGBADO à SAVALOU	99
" du KLOU à LOGOZOHE	102
3.2-Etude des modules	105
L'OUEME à BETEROU	111
L'OUEME à SAVE	117
Le ZOU à ATCHERIGBE	123
L'OKPARA à KABOUA	128
3.3-Etude des crues	135
a) Epoque probable d'apparition des maximums annuels	135
b) Crues annuelles observées et estimations des fortes crues	139
3.4-Etude des étiages	152
3.5-Déficits et coefficients d'écoulement	160
Résumé des principales caractéristiques du régime	168
Bibliographie sommaire	177

TROISIEME PARTIE

PREAMBULE -

Le régime hydrologique de l'OUEME Supérieur et de ses affluents caractérise la variante dahoméenne du régime tropical de transition.

Les précipitations du centre du Dahomey, nettement inférieures à ce qu'elles sont dans des pays voisins à latitude égale, comme la Côte d'Ivoire par exemple, entraînent des étiages beaucoup plus rigoureux en saison sèche et des modules annuels plus faibles alors que dans le type classique les basses eaux sont nettement accentuées.

Ce caractère fait penser au régime tropical pur, mais ici la période des hautes eaux est plus longue, sans être pour cela plus abondante, les hautes eaux durent de Juin à Octobre en moyenne. Le débit moyen mensuel le plus élevé se trouve en Septembre dans le Nord du bassin et en Octobre dans le Sud.

L'hydrogramme annuel de ces rivières est assez irrégulier, les pluies s'étendent sur six mois et leur répartition au cours de cette période a un grand rôle sur le ruissellement, donc l'écoulement. Un ralentissement des pluies en Juillet-Août peut amener une diminution très nette des débits pendant cette période et un écoulement modéré en Septembre-Octobre, même si ces deux mois sont très arrosés. Cela se répercutera donc sur la valeur du module annuel et la corrélation avec la pluviométrie annuelle sera assez lâche.

On observera des modules annuels très différents d'une année à l'autre. Si les conditions sont favorables, c'est-à-dire les pluies bien groupées, les crues seront fortes, dans le cas contraire, elles seront très moyennes.

Le bassin du ZOU sera à ce point de vue le plus irrégulier, avec un régime reflétant en partie le climat équatorial de transition et l'hydrogramme annuel de cette rivière montrera deux pointes, l'une en Juillet, l'autre plus importante en Octobre, le creux d'Août correspondant à la petite saison sèche.

Le tarissement se produit très vite après la fin des pluies. Il dure de mi-Octobre à fin Décembre environ, il n'excède jamais trois mois.

La période des basses eaux est longue, elles s'étend de Janvier à Mai. La sécheresse au cours de ces mois provoque des étiages à débits nuls ou quasi nuls pendant plusieurs mois.

Les premières pluies ne donnant lieu à aucun ruissellement sauf certaines tornades qui créent alors de petites pointes de crues locales, n'atteignant presque jamais le cours d'eau principal et l'écoulement ne deviendra notable qu'à partir de Juin.

Ainsi l'abondance annuelle dépendra non seulement de l'importance des précipitations, ce qui est normal, mais également et surtout de la répartition dans le temps de celles-ci.

Le déficit d'écoulement sera toujours très élevé et les coefficients d'écoulement très variables d'une année à l'autre. La forte variation des modules d'une année à l'autre entrainera une irrégularité interannuelle particulièrement forte, rappelant celle du régime méditerranéen.

.../...

Nous présenterons, dans un premier chapitre, les données relatives aux débits moyens mensuels et aux débits caractéristiques ainsi que les modules spécifiques et les lames d'eau écoulées annuelles à chaque station pendant la période des relevés.

Une étude détaillée des modules sera faite dans le chapitre suivant.

L'année hydrologique allant du début de l'écoulement à la fin de l'étiage, s'étendrait normalement de Mai à Avril. Cependant, la longueur et la rigueur des basses eaux en climat tropical de transition à variante dahoméenne permet de garder l'année calendaire comme année hydrologique.

L'écoulement s'arrête le plus souvent vers la fin de Décembre et ce n'est que rarement que le tarissement se poursuit en Janvier dans le cas d'années à très forts débits comme 1957. Le choix de l'année calendaire n'entraîne aucune modification des valeurs des modules ou des lames d'eau annuelles.

Nous ne prendrons en considération une période s'étendant de Mai à Avril que pour l'établissement des débits caractéristiques et l'étude des étiages.

.../...

3.1 - Débits observés et variations saisonnières -

A - Bassin de l'Ouémé -

- Station de Bétérou sur l'Ouémé -

Dans le tableau I se trouvent rangés les débits moyens mensuels, avec la valeur du module annuel et la moyenne de chaque mois pour la période d'observation.

Les débits moyens correspondant pour chaque mois à une fréquence de dépassement donnée figurent sur le tableau II. Les valeurs sont déterminées à partir de la courbe naturelle de la répartition des fréquences cumulées sans ajustement à une loi statistique quelconque.

Les débits ne commencent à croître qu'en Mai ou Juin seulement après une longue période d'étiage à débit quasi nul s'étendant sur 4, 5 ou 6 mois. Les pluies, qui recommencent au début d'Avril, ne donnent lieu à aucun ruissellement pendant les premières semaines ou seulement à un léger écoulement très localisé, pour les fortes tornades. Ce n'est qu'en Mai que le sol est suffisamment saturé pour qu'un écoulement notable soit enregistré, cet écoulement pouvant se tarir si les pluies de Mai sont trop espacées. La reprise plus ou moins tardive des débits entraîne une certaine dispersion des débits classés à la crue, dispersion que l'on ne retrouve pas à la décrue.

Août, Septembre et Octobre sont les mois à plus forts débits, le maximum s'observe en Septembre et plus rarement en Octobre lorsque la crue est tardive. Le tarissement intervient très rapidement à la fin de la saison des pluies et l'on observe en Novembre une décroissance assez brutale des débits, ceux-ci resteront ensuite insignifiants sinon nuls de Décembre à Mai.

L'étude des débits extrêmes, à savoir le débit journalier le plus faible (étiage absolu) et le débit instantané le plus fort atteint dans l'année (crue maximale) sera effectuée plus loin.

Nous avons rassemblé dans le tableau III les valeurs absolues (m^3/s) et spécifiques ($l/s/km^2$) des débits caractéristiques.

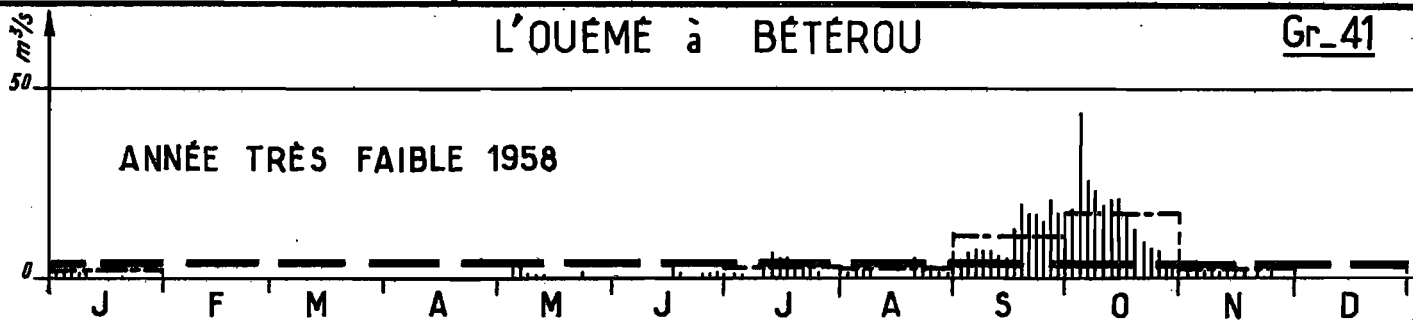
.../...

TABLEAU I

DEBITS MOYENS MENSUELS de l'OUEME à BETEROU (m³/s)-B.V. 10320 km²

Années	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Module
1952						0,61	39,1	222	250	302	41,1	5,30	(72)
1953	1,47	0,47	0,47	0,003	2,77	73,6	197	332	440	244	39,2	5,25	112
1954	1,10	0,23	0,11	0,02	1,17	13,0	21,5	165	241	158	23,8	6,41	52,8
1955	2,84	1,00	0,29	0,70	1,26	12,5	193,0	448	533	359	47,5	8,11	135
1956	2,05	0,45	0,59	0,26	0,25	6,40	9,19	60,8	197	126	12,2	3,02	34,8
1957	0,25	0,05	0	0	1,99	17,6	49,9	290	575	299	53,9	11,7	106
1958	2,42	0,35	0,08	0,03	0,64	0,45	2,42	1,91	10,6	16,7	1,83	0,14	3,1
1959	0,01	0	0,04	0	1,88	0,96	20,4	58,3	387	(195)	(10,6)	(2,5)	(56)
1960				0,60	0,52	1,53	94,0	271	545	345	35,56	5,27	(109)
Moyenne	1,45	0,36	0,17	0,20	1,31	14,0	75,7	205	342	227	29,5	5,30	75,5

ANNÉE TRÈS FAIBLE 1958



ANNÉE FORTE 1957

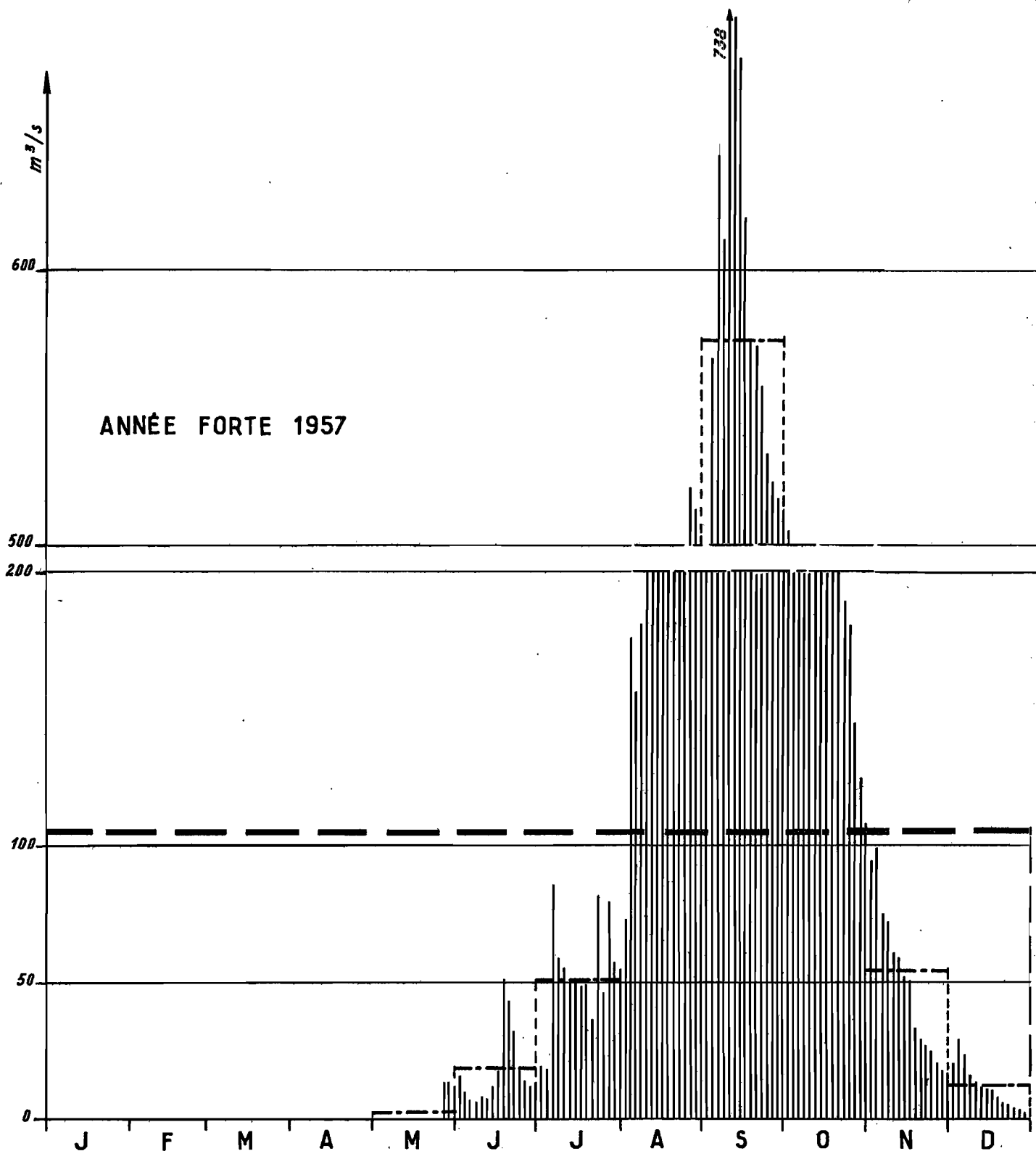


TABLEAU II

DEBITS MOYENS MENSUELS CLASSES à BETEROU (fréquences au dépassement)(1)

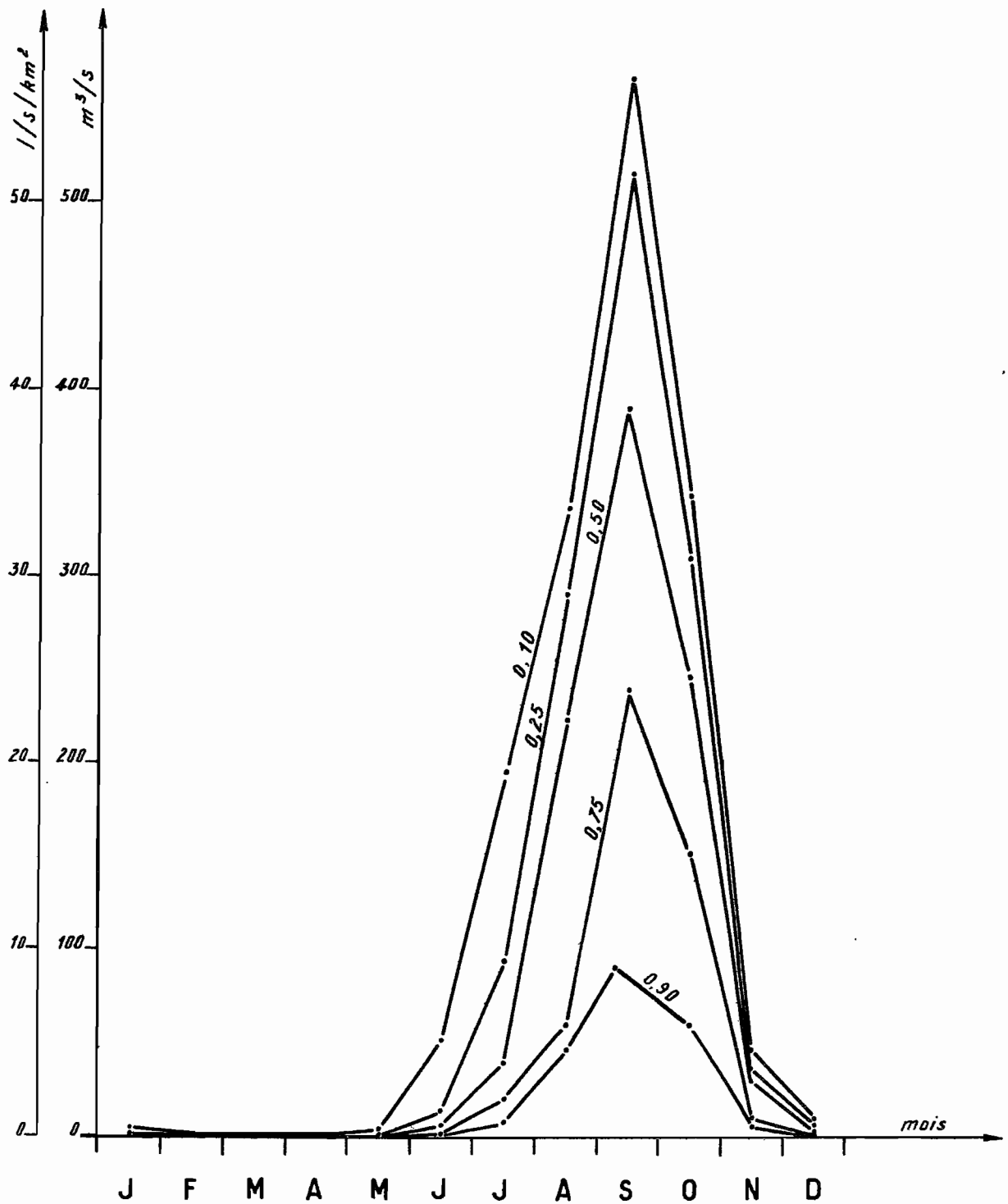
(B.V. = 10.320 km²)

Fréquences	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0,10	(2,5)	(0,8)	(0,5)	(0,6)	2,5	50	195	340	560	350	48	9
0,25	(2)	(0,4)	(0,3)	(0,2)	1,9	12,5	95	290	530	310	41	6
0,50	(1)	(0,2)	(0,1)	0	1,1	6,5	39	220	390	245	35	5
0,75	(0,2)	(0,1)	0	0	0,5	1	20	60	240	145	12	3
0,90	0	0	0	0	0,1	0,5	7	45	90	60	8	2

A partir de ce tableau a été tracé le graphique n° 42

(1) Fréquences expérimentales déterminées sur la période d'observations.

Débits moyens mensuels classés en fréquences au dépassement
PÉRIODE 1952-1960



Nous donnerons ici les valeurs de cinq débits caractéristiques, à savoir :

- le débit caractéristique d'étiage (D.C.E.) qui est le débit égalé ou non dépassé pendant dix jours dans l'année, que les jours se suivent ou non.
- le D.C.9., débit égalé ou dépassé pendant neuf mois dans l'année.
- le D.C.6., ou débit médian, égalé ou dépassé six mois dans l'année.
- le D.C.3., égalé ou dépassé trois mois dans l'année.
- le D.C.C. débit caractéristique de crue qui est le débit journalier égalé ou dépassé pendant dix jours dans l'année.

Nous avons choisi un cycle hydrologique complet allant de Mai à Avril, mais à vrai dire les valeurs obtenues diffèreraient assez peu de celles de l'année calendaire. Ainsi, les D.C.E. et D.C.9. proviennent de la période de hautes eaux précédente, ils sont toujours pratiquement nuls et la valeur spécifique correspondante n'a pas grande signification.

L'étude des D.C.C. montre la forte variation des crues d'une année à l'autre. On passe de 614 m³/s en 1957, à 21 m³/s en 1958.

Les D.C.3. se situent entre 225 et 2,5 m³/s et le débit médian qui atteint une dizaine de m³/s en année forte est parfois voisin de zéro en année sèche. Ceci nous montre bien les valeurs très différentes que l'on peut obtenir pour le module annuel et par suite la forte irrégularité inter-annuelle que l'on pourra d'ailleurs observer non seulement à cette station mais sur tout l'ensemble des trois bassins étudiés. Ainsi en 9 ans d'observation le module annuel le plus élevé est de 135 m³/s en 1955 et le module annuel le plus faible de l'ordre de 3 m³/s seulement en 1958.

.../...

TABLEAU III

DEBITS CARACTERISTIQUES DE L'OUEME A BETEROU

(B.V. = 10.320 km²)

Années	Valeurs absolues (m ³ /s)					Valeurs spécifiques (l/s/km ²)				
	DCE	DC9	DC6	DC3	DCC	DCE	DC9	DC6	DC3	DCC
1952-1953	0		(0,5)	144	373			(0,05)	13,9	36,1
1953-1954	0	0,24	10	176	594		0,02	0,97	17,0	57,5
1954-1955	0,01	1,10	7,1	38	336	0,00	0,10	0,68	3,7	32,5
1955-1956	0,16	0,90	7,3	225	604	0,02	0,09	0,70	21,8	58,5
1956-1957	0	0,22	2,7	26	238		0,02	0,25	2,5	23,0
1957-1958	0	0,23	13	96	614		0,02	1,24	9,3	59,4
1958-1959	0	0,04	0,8	2,5	21		0,004	0,08	0,2	2,0
1959-1960	0			31	534				3,0	51,7
1960-1961	0	0,28	2,6	129	598		0,03	0,25	12,5	57,9

Le tableau IV concerne les modules spécifiques et lames d'eau annuels à Bétérou.

TABLEAU IV

	Module spécifique l/s/km ²	Lame d'eau mm
1952	7,0	220
1953	10,8	343
1954	5,1	162
1955	13,0	413
1956	3,4	107
1957	10,1	324
1958	0,3	10
1959	5,5	171
1960	10,5	333

Le module annuel moyen pour la période est de 75,5 m³/s soit un module spécifique de 7,3 l/s/km² et une lame d'eau annuelle de 231 mm.

Nous reviendrons dans le chapitre suivant sur la valeur que l'on peut attribuer au module interannuel pour une période beaucoup plus longue ; la forte variation des modules rendant cette estimation assez délicate.

Le module spécifique est le plus élevé également malgré la grande superficie du bassin. La valeur de la lame d'eau annuelle écoulée est la plus forte de tous les bassins étudiées, elle correspond en effet à la plus forte pluviométrie moyenne.

Station de Savé sur l'Ouémé -

Les débits moyens mensuels sont groupés dans le tableau IV bis. Nous n'avons pris en considération que la période de relevés journaliers de 51 à 60. Les relevés hebdomadaires effectués auparavant depuis 1942 semblent parfois sujets à caution sauf 1949 et 1950, ils donnent simplement une bonne idée du maximum annuel et de la date à laquelle s'est effectuée cette crue.

.../...

La grande superficie du bassin permet à l'hydrogramme annuel d'avoir une forme assez régulière. Chaque zone de ruissellement du bassin intervient avec un temps de concentration qui lui est propre. La variabilité des temps de concentration et l'existence d'un ruissellement pour ainsi dire permanent en un point ou en un autre du bassin font que la somme de tous les hydrogrammes partiels à la station présente une allure relativement régulière, pouvant cependant être perturbée par de fortes pluies tombant à proximité immédiate de la station de contrôle.

Le débit moyen mensuel le plus élevé s'observe en Septembre, il peut alors dépasser 1000 m³/s, et parfois en Octobre pour les crues tardives, mais dès la fin de ce mois, le tarissement est déjà assez avancé.

Comme pour la station de Bétérou qui contrôle la partie supérieure du fleuve, on ne trouve, en général, que trois mois à valeurs fortes : Août, Septembre et Octobre. Cependant, des précipitations importantes au début de la saison des pluies permettent parfois au débit de Juillet d'atteindre déjà 500 m³/s. La décrue est toujours rapide et dès Novembre le lit montre à la station de nombreux affleurements granitiques, l'écoulement ne se fait plus que par quelques chenaux et ne se poursuit que timidement en Janvier. pour s'interrompre complètement trois années sur cinq à une date très variable comprise entre Février et Juin selon l'abondance de la saison des pluies précédente et l'importance des premières pluies.

.../...

TABLEAU IV bis

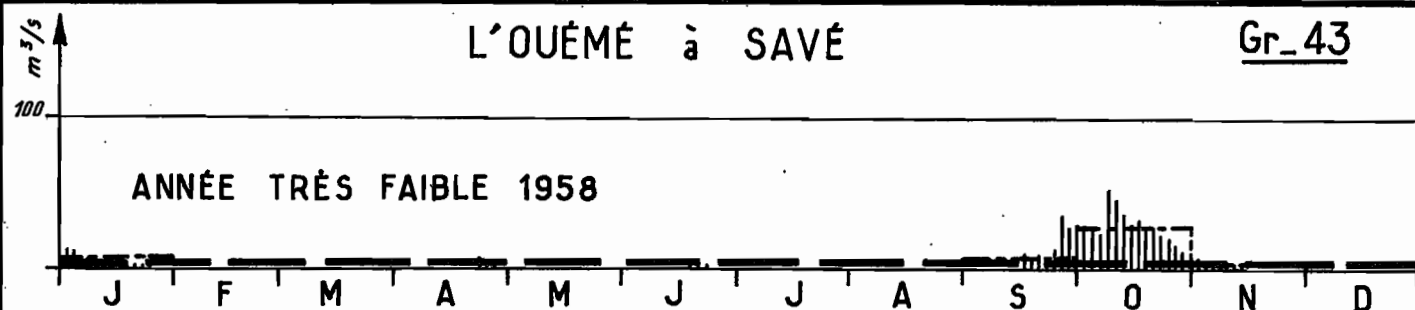
DEBITS MOYENS MENSUELS de l'OUEME au PONT de SAVE (m³/s) - B.V. 23.600 km²

Années	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Module
1951					0	0,03	31,3	342	621	471	248	22,1	(145)
1952	3,93	0,52	(0,15)	0,01	1,22	0,92	81,5	404	407	635	102	8,83	138
1953	1,72	0,23	0,18	0,05	0	144	403	656	730	510	91,2	9,03	214
1954	1,98	0,29	0,03	0	0,00	15,5	40,1	179	298	369	81,5	9,48	83,5
1955	0,85	0,15	0,07	0,08	0,06	79,0	524	900	909	716	100	14,5	273
1956	4,00	0,31	2,83	0,43	0,04	0	10,2	104	279	190	19,0	3,17	51,1
1957	0,39	0,03	0,02	0,11	4,76	94,8	173	602	3286	630	157	36,1	249
1958	6,64	0,46	0,10	0,71	0,58	1,00	0,37	0,61	8,8	27	2,36	0,13	4,1
1959	0,02	0	0	1,61	3,05	1,55	66,5	108	765	419	34,	2,90	117,
1960	0,15	0,045	0	0,08	0,49	5,53	222	530	1124	636	111	11,2	220,3
Moyenne	2,19	0,24	0,38	0,31	1,02	34,3	156	383	643	460	94,8	11,8	150

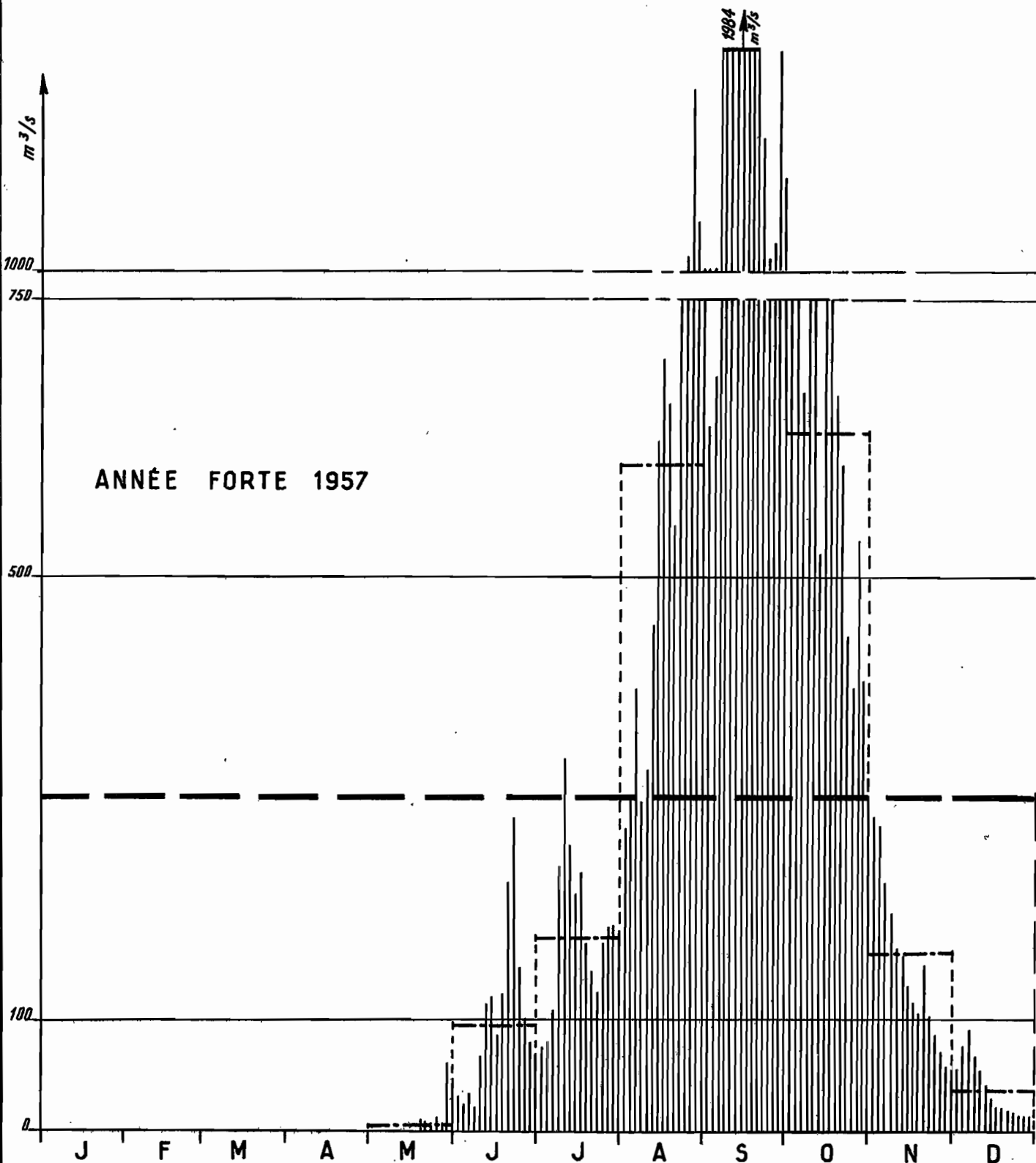
L'OUÉMÉ à SAVÉ

Gr_43

ANNÉE TRÈS FAIBLE 1958



ANNÉE FORTE 1957



ORSTOM

Ao

DATE:

DESSINÉ:

DAH_141.048

TABLEAU V -

DEBITS MOYENS MENSUELS CLASSES à SAVE

(fréquences au dépassement)

Fréquence	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0,10	5,2	0,5	1,4	1,8	3,8	120	460	780	190	675	200	29
0,25	3,9	0,3	0,2	0,6	1,2	70	205	580	870	635	115	13,5
0,50	1,7	0,2	0,05	0,1	0,3	3,5	74	378	676	490	96	9,2
0,75	0,7	0,06	0,01	0,08	0,02	1	33	125	350	282	48	4,5
0,90	0,1	0,04	0	0	0	0,01	9	90	260	170	17	2,6

Les débits moyens classés montrent sur le graphique n° 44 une faible dispersion à la décrue. On note la forte amplitude des variations des débits de Septembre.

Le tableau VI renferme les données relatives aux débits caractéristiques.

Soulignons la forte variation des débits d'une année à l'autre ; ainsi le D.C.C., débit journalier égalé ou dépassé pendant dix jours dans l'année, peut varier de 1430 m³/s en 1957 à 30 m³/s l'année suivante en 1958, d'où des modules annuels très différents et une irrégularité interannuelle très forte, le module variant de 273 m³/s (1955) à 4 m³/s (1958).

Le débit médian de valeur toujours faible peut cependant varier dans de fortes proportions de 29 m³/s à 0,4 m³/s.

Les D.C.9 correspondent à des débits de basses eaux très faibles. Les débits d'étiages sont nuls.

La corrélation est très lâche entre D.C.C. et D.C.3 ce qui montre bien l'irrégularité de la forme de l'hydrogramme et l'impossibilité de déterminer de façon valable le débit maximum à partir de la hauteur de précipitation annuelle.

.../...

L'OUÉMÉ à SAVÉ

Débits moyens mensuels classés en fréquences au dépassement

PÉRIODE 1951-1960

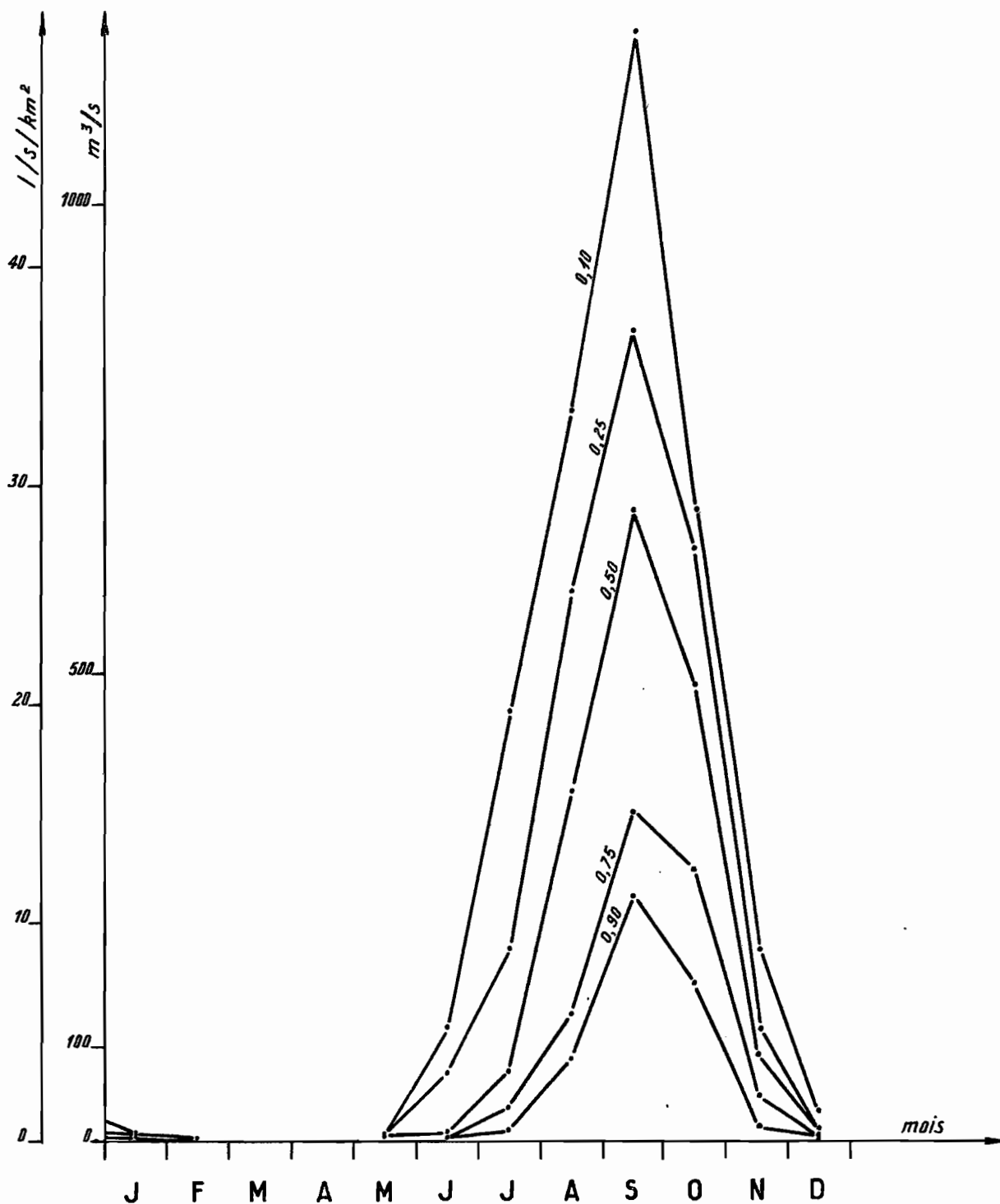


TABLEAU VI

DEBITS CARACTERISTIQUES de l'OUEME au PONT de SAVE
(B.V. - 23.600 km²)

	Valeurs absolues (m ³ /s)					Valeurs spécifiques (l/s/km ²)				
	DCE	DC9	DC6	DC3	DCC	DCE	DC9	DC6	DC3	DCC
1951-52:0	0,05	5,4	266		720	0,002	(0,23)	11,3	30,5	
1952-53:0	0,20	2,4	252		730	0,008	0,10	10,7	30,9	
1953-54:0	0,10	16,4	344		1100	0,004	0,69	14,6	46,6	
1954-55:0	0,09	29,0	88		450	0,004	1,23	3,7	19,1	
1955-56:0,05	0,30	16,5	540		1220	0,013	0,69	22,9	51,7	
1956-57:0	0	1,14	42		344		0,05	1,8	14,6	
1957-58:0	0,78	54,0	283		1430	0,033	2,28	12,0	60,6	
1958-59:0	0,05	0,43	2,20	30		0,002	0,02	0,09	1,3	
1959-60:0	0,12	2,20	85		1070	0,005	0,09	3,6	45,3	
1960-61:0	0,43	8,0	255		1196	0,018	0,34	10,8	50,7	

TABLEAU VII

MODULES SPECIFIQUES et LAMES d'EAU à SAVE
(B.V. 23.600 km²)

	Module spécifique l/s/km ²	Lame d'eau écoulée mm
1951	6,2	194
1952	5,8	185
1953	9,1	286
1954	3,5	112
1955	11,6	365
1956	2,1	68
1957	10,6	334
1958	0,2	5
1959	5,0	157
1960	9,4	295

Le module moyen annuel de la période donne environ 150 m³/s, il correspond à un module spécifique de 6,3 l/s/km² et à une lame d'eau annuelle de 200 mm, plus faible qu'à Bétérou ce qui est normal.

Station de Vossa sur la Beffa -

Ne disposant que de jaugeages pour les basses eaux, les forts débits sont très extrapolés, les valeurs entre parenthèses sont des valeurs estimées.

Le tableau VIII donne les débits moyens mensuels de la période d'observation qui va de 1953 à 1958.

La dimension du bassin versant, un peu inférieure à 1900 km² correspond à un hydrogramme beaucoup plus dentelé que les précédents. L'étalement des averses se fait beaucoup moins sentir que sur des bassins de surface supérieure, et des averses fortes et groupées provoquent des pointes de crues assez individualisées ; ainsi le plus fort débit mensuel peut s'observer en Août, en Septembre ou en Octobre. Après les crues violentes mais s'étendant sur quelques jours simplement le tarissement est rapide. Le mois d'Août 1958 à la pluviométrie très déficitaire voit même le débit s'annuler complètement et l'écoulement s'interrompre en pleine saison des pluies pendant un bon mois. La Beffa présente d'ailleurs des tendances équatoriales plus marquées que le Nord du Bassin de l'Ouémé.

.../...

TABLEAU VIII

DEBITS MOYENS MENSUELS de la BEFFA à VOSSA - B.V. 1870 km²

Années	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Module m ³ /s
1953	0	0	0	0	0,1	10,1	15,5	19,6	19,5	27,9	7,5	1,1	8,5
1954	0,1	0	0	0,1	0,1	0,05	0	0,3	2,8	22,3	10,3	1,5	3,2
1955	0,05	0	0	0	0	2,5	(19,6)	(60,9)	(35,4)	34,5	8,8	1,7	(13,8)
1956	0,2	0	0,2	0,1	0	0	0,4	1,7	3,0	4,6	0,8	0,05	0,9
1957	0	0	0	0	0,6	5,6	11,6	(21,2)	(68,3)	(44,7)	21,0	5,4	(14,8)
1958	1,1	0,1	0	1,6	1,6	1,3	1,6	0	0,03	1,6	0,4	0	0,6
Moyenne	0,2	0	0	0,3	0,4	3,3	(8,1)	(17,3)	(21,5)	(22,5)	8,1	1,6	(6,9)

- Valeurs entre parenthèses = estimations incertaines

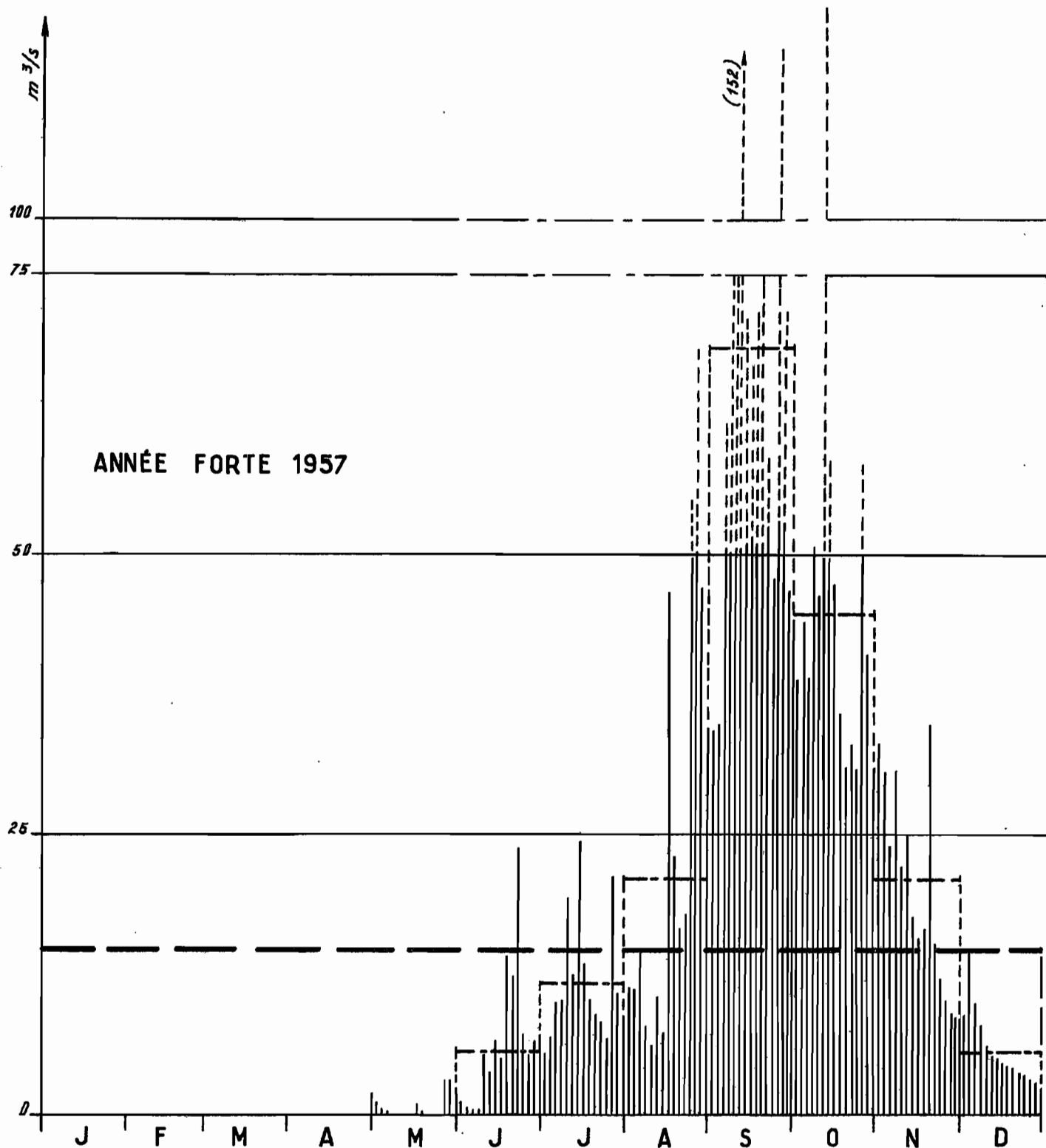
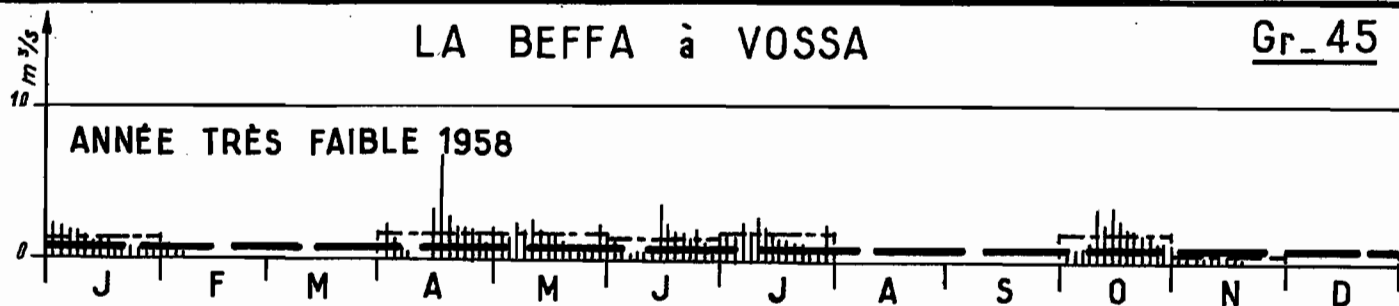


TABLEAU IX

DEBITS CARACTERISTIQUES de la BEFFA à VOSSA

(B.V. = 1870 km²)

Années	Valeurs absolues (m ³ /s)					Valeurs spécifiques l/s/km ²				
	DCE	DC9	DC6	DC3	DCC	DCE	DC9	DC6	DC3	DCC
1953-54	0	0	2,6	15	38			1,4	8	20,3
1954-55	0	0	0,03	1,7	26,5			0,02	0,9	14,2
1955-56	0	0	1,7	24	(59,5)			0,9	12,8	(31,8)
1956-57	0	0	0,03	1,4	5,7			0,02	0,7	3,0
1957-58	0	0,5	5,1	20	(73)		0,3	2,7	10,7	(39,0)
1958-59	0	0	(0,4)	1,3	2,8			0,2	0,7	1,5

TABLEAU X -

MODULES SPECIFIQUES et LAMES d'EAU - B.V. 1870 km2

	Module spécifique l/s/km2	Lame d'eau mm
1953	4,5	144
1954	1,7	53
1955	(7,4)	(233)
1956	0,6	15
1957	(7,9)	(250)
1958	0,3	9

Le module moyen annuel pour la période est estimé à 6,9 m3/s soit un module spécifique estimé à 3,7 l/s/km2 et une lame d'eau annuelle estimée à 117 mm, valeur faible qui correspond à un plus grand étalement des précipitations que l'Ouémé supérieur.

B - Bassin de l'Okpara -

- Station de Nanon sur l'Okpara -

Les débits moyens mensuels sont groupés dans le tableau XI.

Les relevés des années 1956, 1957 et 1958 ne figurent pas dans ce tableau car ils sont fortement entachés d'erreurs. En effet, l'implantation à la fin de 1955 d'une chaussée submersible légèrement à l'aval de l'échelle donne des résultats inutilisables, sauf pour les crues annuelles. Les débits calculés à partir des relevés effectués à la nouvelle échelle à l'amont du barrage donneront des valeurs trop faibles pour les premiers mois de la saison des pluies car l'écoulement ne sera mesuré à l'échelle qu'une fois le barrage rempli.

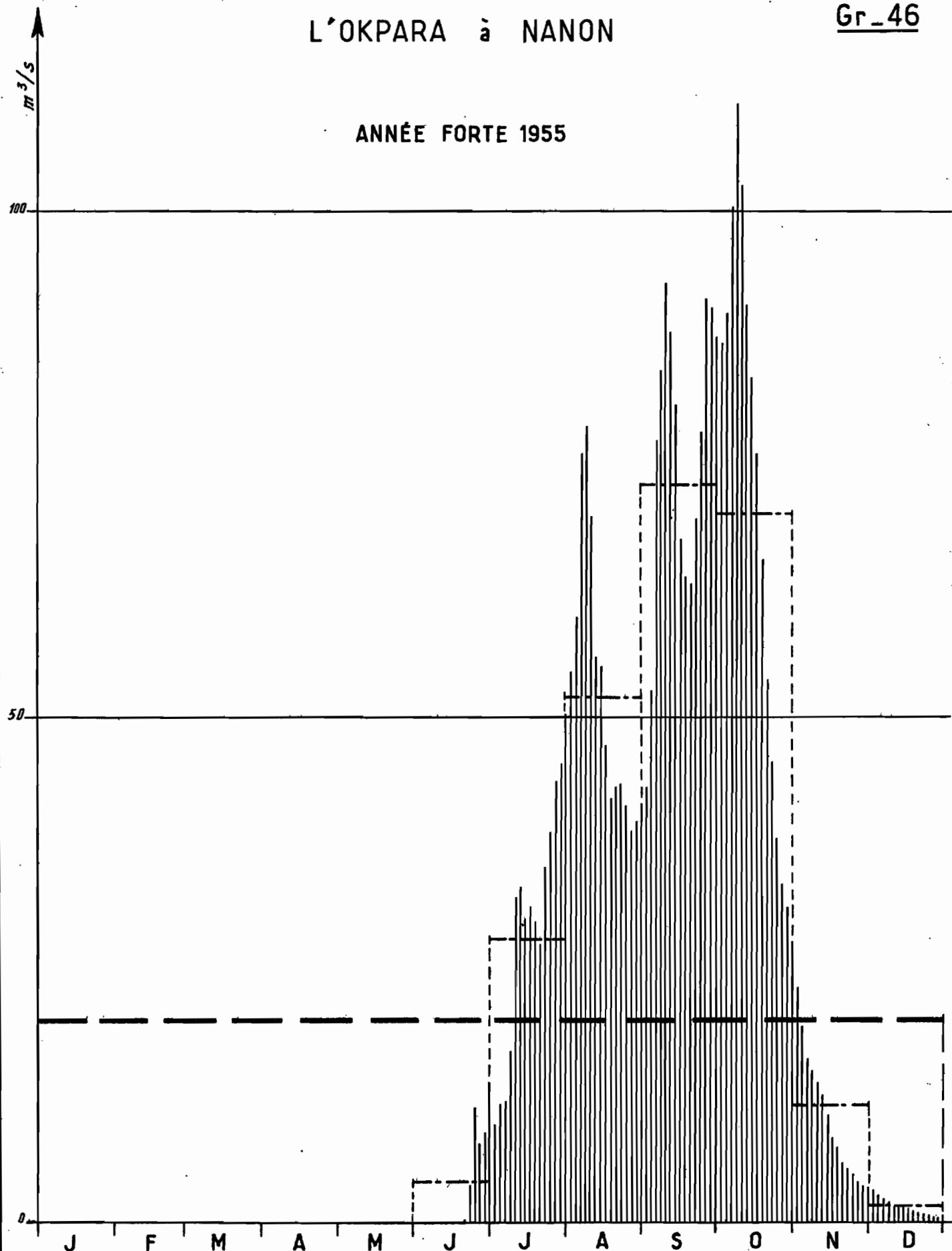
.../...

TABLEAU XI

DEBITS MENSUELS de l'OKPARA à NANON-B.V.=2065 km²

Années	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Module
1952					0	1,38	15,2	44,7	36,5	84,6	7,1	0,67	16,1
1953	0,20	0,02	0	0	0,2	3,71	14,2	40,9	72,0	53,7	7,7	0,38	16,1
1954	0,07	0	0	0	0	0	1,34	25,4	52,9	52,4	5,6	0,61	11,6
1955	0,10	0	0	0	0	1,94	28,2	52,2	73,1	70,5	11,4	1,48	20,1
1959	0,28	0,05	0	0	0	0	(1)	11,2	85,3	(23)	(3)	(0,5)	(10,2)
1960	0	0	0	0	0	0	(2)	(20)	46,7	69,2	(10)	(1)	(13,6)
moyenne	0,1	0,01	0	0	0,03	1,2	10,3	(32,4)	61,1	(59,8)	(7,5)	0,7	14,6

ANNÉE FORTE 1955



La position septentrionale du bassin de l'Okpara à NANON donne un étiage sensiblement plus long et plus rigoureux encore que pour les autres bassins, le lit reste à sec de Janvier à Mai voire à mi-Juin. Le débit moyen le plus élevé s'observe en Septembre ou en Octobre, grace aux fortes précipitations de Septembre ; le tarissement est toujours très accentué et l'écoulement devient très faible dès la fin Novembre.

Au vu des résultats concernant les modules, on pourrait conclure hâtivement à une irrégularité faible puisque ceux-ci varient pour les six années d'observations entre 10 et 20 m³/s seulement. Il ne faudrait pas oublier toutefois qu'il nous manque trois années qui augmenteraient quelque peu le K3, 1956 année sèche, 1957 année très humide et 1958 année particulièrement déficitaire. Il est cependant probable et l'étude postérieure des modules à Bétérou le montrera que l'irrégularité des hauts bassins de l'Ouémé est sensiblement plus faible que ceux du Sud (bassin du Zou notamment) qui subissent une saison des pluies plus longue avec de fortes variations interannuelles des précipitations mensuelles.

TABLEAU XII -

DEBITS CARACTERISTIQUES - B.V. 2065 km²

Années	Valeurs absolues m ³ /s					Valeurs spécifiques l/s/km ²				
	DCE	DC9	DC6	DC3	DCC	DCE	DC9	DC6	DC3	DCC
1952-53	0	0	0,6	24,3	113,8			0,3	11,8	55,1
1953-54	0	0	0,7	24,5	82,5			0,3	11,9	39,9
1954-55	0	0	0,05	6,7	83,0			0,02	3,3	40,2
1955-56	0	0	0,9	38,6	92,7			0,4	18,7	44,9
1959-60	0	0		(5,0)	101				(2,5)	48,9
1960-61	0	0		(15,0)	82				(7,3)	39,7

.../...

TABLEAU XIII

MODULES SPECIFIQUES et LAMES d'EAU-B.V.:2065 km2

Années	Module spécifique l/s/km2	Lame d'eau mm
1952	7,7	246
1953	7,7	246
1954	5,6	178
1955	9,7	307
1959	(4,9)	156
1960	(6,5)	208

Le module moyen annuel pour ces six années est de 14,6 m3/s, cela correspond à un module spécifique de 7,0 l/s/km2 et une lame d'eau écoulée de 223 mm valeur voisine de celle de Bétérou, correspondant à une pluviométrie aussi élevée.

- Station de Kaboua sur l'Okpara -

Dans les tableaux XIV et XV figurent les débits moyens mensuels de la période 1951-1960 et leur classement en fréquence au dépassement.

.../...

TABLEAU XIV

DEBITS MOYENS MENSUELS de l'OKPARA à KABOUA (m³/s)-B.V = 9600 km²

Années	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Module
1951								21,2	46,8	148	101	7,80	(28,0)
1952	1,73	0,26	0,09	0,041	0,10	0,11	13,8	76,8	74,6	257	47,2	6,02	40,3
1953	(1,5)	(0,3)	(0,1)	(0,015)	0,31	57,3	60,2	134	198	230	54,1	5,90	62
1954	1,54	0,27	0,052	0,012	0,035	0,36	10,4	16,4	71,5	193	53,0	6,46	28,7
1955	0,72	0,30	0,09	0,07	0,93	6,0	115	246	241	218	40,7	4,97	73,3
1956	0,76	0,21	0,85	0,43	0,12	0,09	103	0,53	30,5	70,1	6,7	1,82	9,5
1957	0,28	0,08	0,010	0,067	4,66	19,8	58,7	130	279	286	94,7	21,7	83,0
1958	3,55	0,41	0,11	0,24	0,24	0,22	0,11	0,009	(0)	2,73	0,69	1,66	0,7
1959	0,025	(0)	0,24	0,10	0,074	0,14	3,59	38,0	238	142	16,7	1,84	37,0
1960	0,25	0,045	0,28	0,29	0,20	0,81	48,9	149	259	210	49,9	6,26	60,6
Moyenne	1,15	0,25	0,21	0,15	0,80	9,42	33,6	81,2	154	176	46,4	6,44	42,3

ANNÉE TRÈS FAIBLE 1958



ANNÉE FORTE 1957

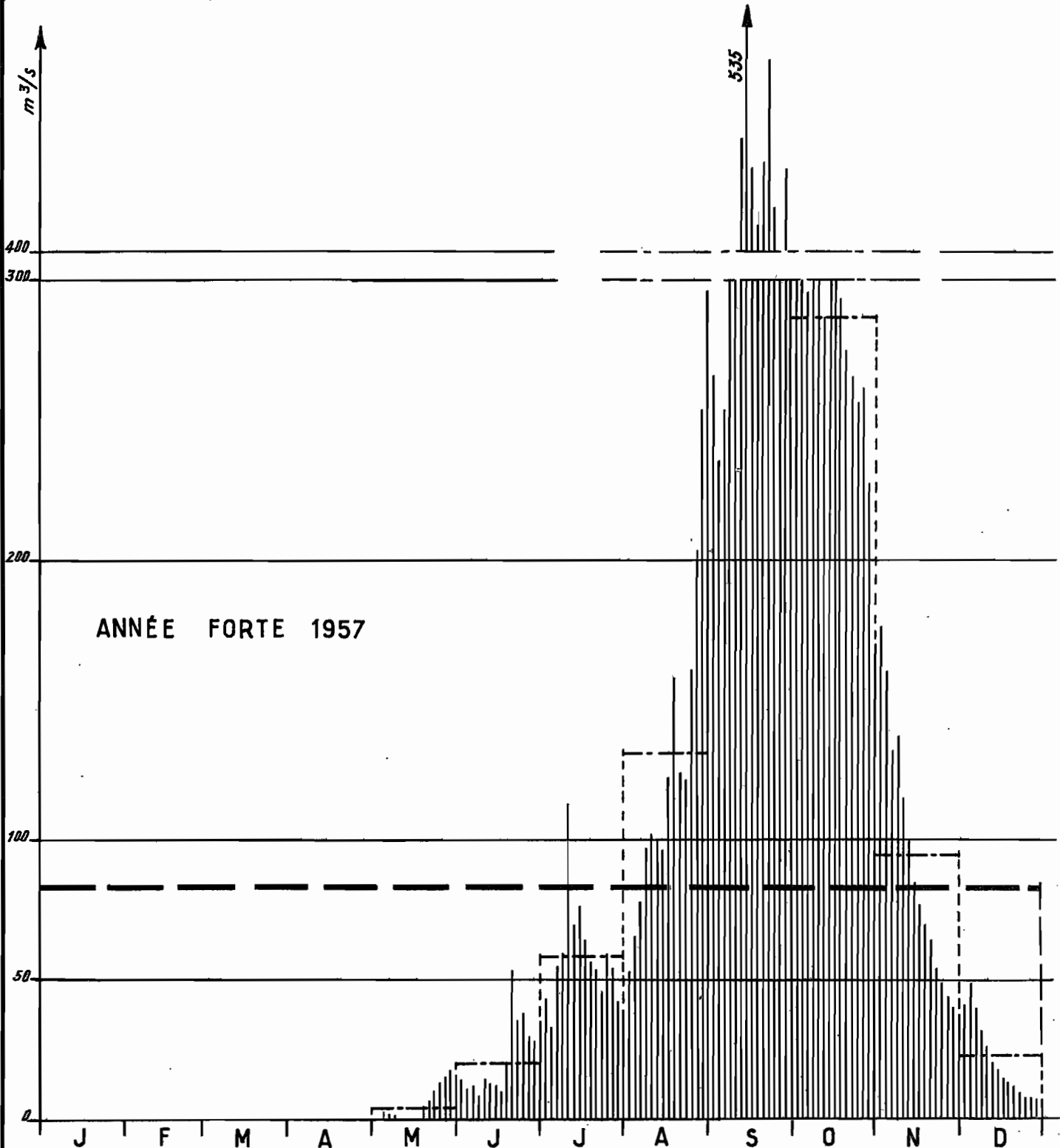


TABLEAU XV -

DEBITS MOYENS MENSUELS CLASSES à KABOUA (Fréquence au dépassement) - B.V. 9600 km²

Fréquence	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0,10	1,9	0,4	0,3	0,3	1,8	35	80	195	320	270	97	15
0,25	1,5	0,3	0,25	0,25	0,3	9	58	132	240	245	65	6,5
0,50	0,75	0,25	0,1	0,07	0,2	0,4	13,8	54	135	202	49	6
0,75	0,3	0,08	0,05	0,04	0,1	0,15	1	17	50	90	21	2,5
0,90	0,02	0	0,01	0,01	0,08	0,1	0,4	0,5	26	56	6	1,8

L'observation du graphique n°48 montre une très forte dispersion, des débits au début de la saison des pluies, les débits moyens mensuels maximaux ont tendance à se produire en Octobre plutôt qu'en Septembre. La pointe principale de crue ayant lieu en général entre le 1er et le 15 Octobre, c'est-à-dire sensiblement plus tard que pour le bassin de l'Ouémé, mais comme pour les autres stations, l'écoulement devient très faible dès le début de Janvier.

Nous retrouvons les mêmes éléments caractéristiques de ce régime tropical de transition altéré, courte période de hautes eaux, décrue très rapide, étiage durant 4 à 5 mois. L'irrégularité interannuelle sera forte, les modules annuels passent de 1 m³/s en 1958 à 83 m³/s en 1957.

.../...

L'OKPARA à KABOUA

Débits moyens mensuels classés en fréquence au dépassement

PÉRIODE 1951-1960

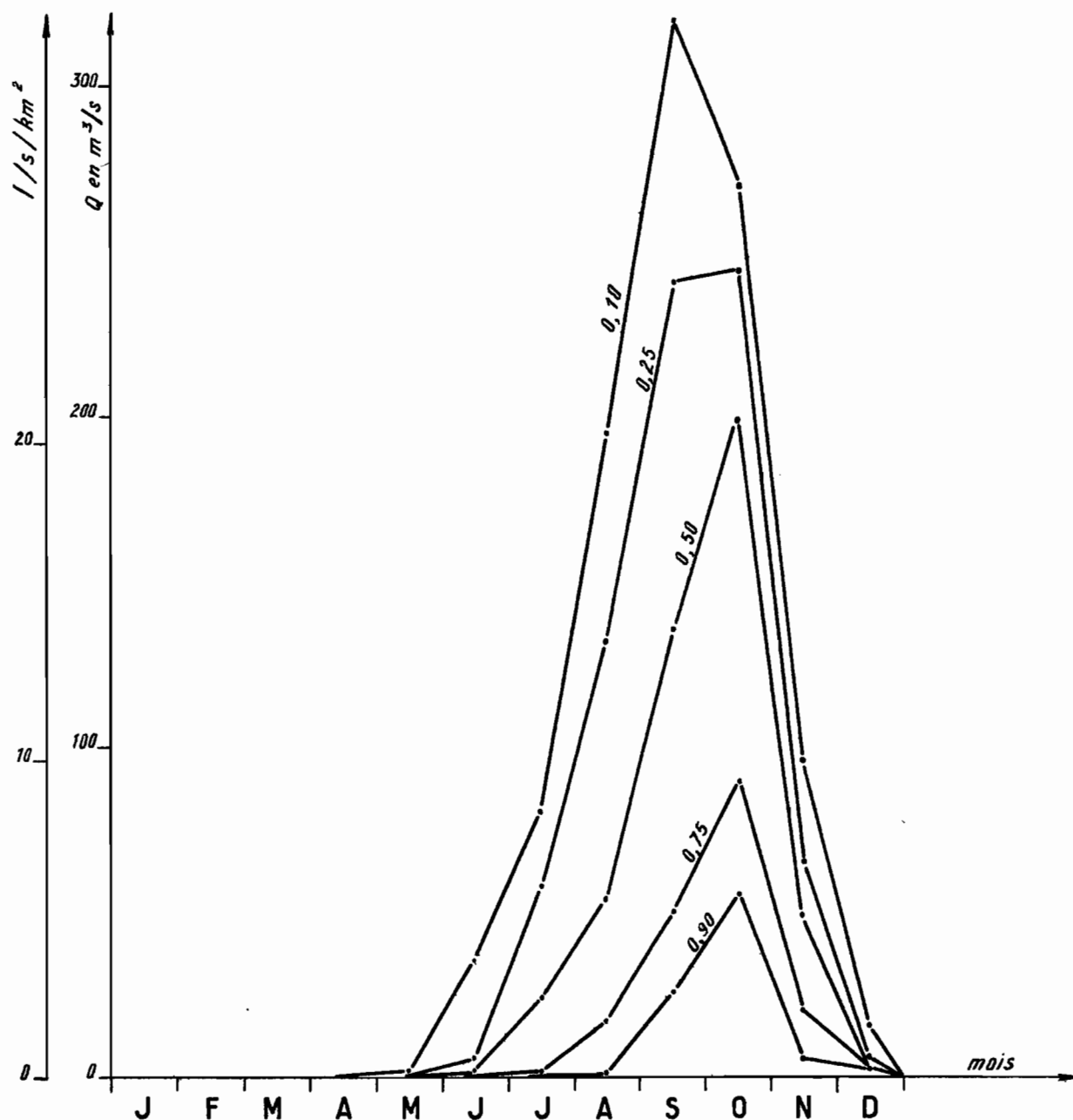


TABLEAU XVI

DEBITS CARACTERISTIQUES de l'OKPARA à KABOUA
(B.V. 9600 km²)

	Valeurs absolues m ³ /s					Valeurs spécifiques l/s/km ²				
	DCE	DC9	DC6	DC3	DCC	DCE	DC9	DC6	DC3	DCC
1951-52				30	172				3,1	17,9
1952-53	0,005	(0,2)	1,89	59	316		(0,02)	0,19	6,1	32,9
1953-54	0	0,11	11,6	95	260		0,01	1,22	9,9	27,0
1954-55	0	0,11	0,54	29	223		0,01	0,06	3,0	23,2
1955-56	0,04	0,26	4,32	162	288		0,03	0,45	16,8	30,0
1956-57	0	0,11	0,22	1,5	96		0,01	0,02	0,2	10,0
1957-58	0,07	0,63	16,1	97	426		0,06	1,67	10,0	44,4
1958-59	0	0	0,20	0,4	5,7			0,02	0,04	0,6
1959-60	0	0,10	0,25	18	294		0,01	0,02	1,8	30,6
1960-61	0,03	0,22	2,02	84	294		0,02	0,21	8,8	30,6

TABEAU XVII

MODULES SPECIFIQUES et LAMES d'EAU à KABOUA
B.V.: 9600 km²

Années	Module spécifique l/s/km ²	Lame d'eau mm
1951	(2,9)	(92)
1952	4,2	132
1953	6,5	205
1954	3,0	95
1955	7,6	241
1956	1,0	31
1957	8,6	273
1958	0,07	2
1959	3,9	122
1960	6,3	199

Le module annuel moyen pour la période est de 42,3 m³/s, correspondant à un module spécifique de 4,4 l/s/km² et à une lame d'eau annuelle de 139 mm. Cette faible lame d'eau explique une irrégularité interannuelle plus forte que pour l'Ouémé.

C - Bassin du Zou -

- Station de Zoudji sur le Zou -

Les débits de moyennes et hautes eaux sont indiqués entre parenthèses (tableau XVIII) étant donné l'insuffisance de l'étalonnage.

L'hydrogramme annuel, tracé à partir des débits journaliers, a une allure en dents de scie, les dimensions du bassin permettent à chaque averse importante de gonfler temporairement le débit et les pointes de crues sont nombreuses et indépendantes les unes des autres. Ce n'est que dans les années très humides, où le sol reste suffisamment saturé entre les averses, que l'on observe un écoulement plus régulier avec seulement deux ou trois crêtes sur l'hydrogramme.

.../...

TABLEAU XVIII

DEBITS MOYENS MENSUELS du ZOU à ZOUDJI-B.V. 2020 km²

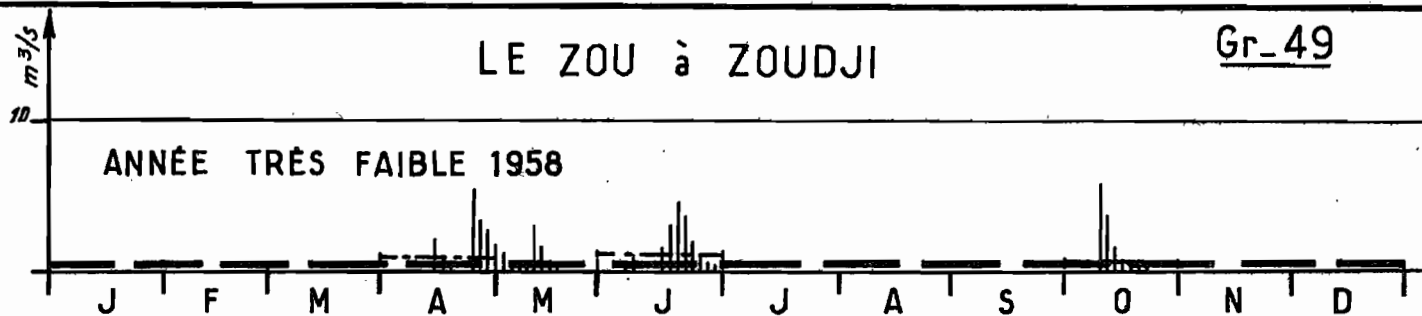
Années	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Module: (m ³ /s)
1953				0	0	5,7	(46,4)	(43,1)	18,2	(23,3)	1,9	0,02	(11,7)
1954	0	0	0	0	0	0,2	0,5	1,4	1,4	(55,9)	5,1	0	(5,5)
1955	0	0	0	0	0	0,2	(43,3)	(69,7)	33,9	29,9	2,2	0	(11,8)
1956	0	0	0	0,06	0,01	3,3	0,4	0,1	(15,4)	3,1	0,09	0,04	(1,6)
1957	0	0	0,1	1,1	(24,5)	(32,0)	(50,2)	(36,2)	(104)	(38,8)	8,4	0,5	(22,0)
1958	0,07	0	0,01	1,0	0,6	1,2	0,4	0	0,1	0,6	0,01	0	0,3
Moyenne	0,01	0	0,02	0,3	(4,2)	(7,1)	(23,5)	(25,0)	(28,9)	(25,2)	1,8	0,1	(8,8)

- Valeurs entre parenthèses = estimation incertaine

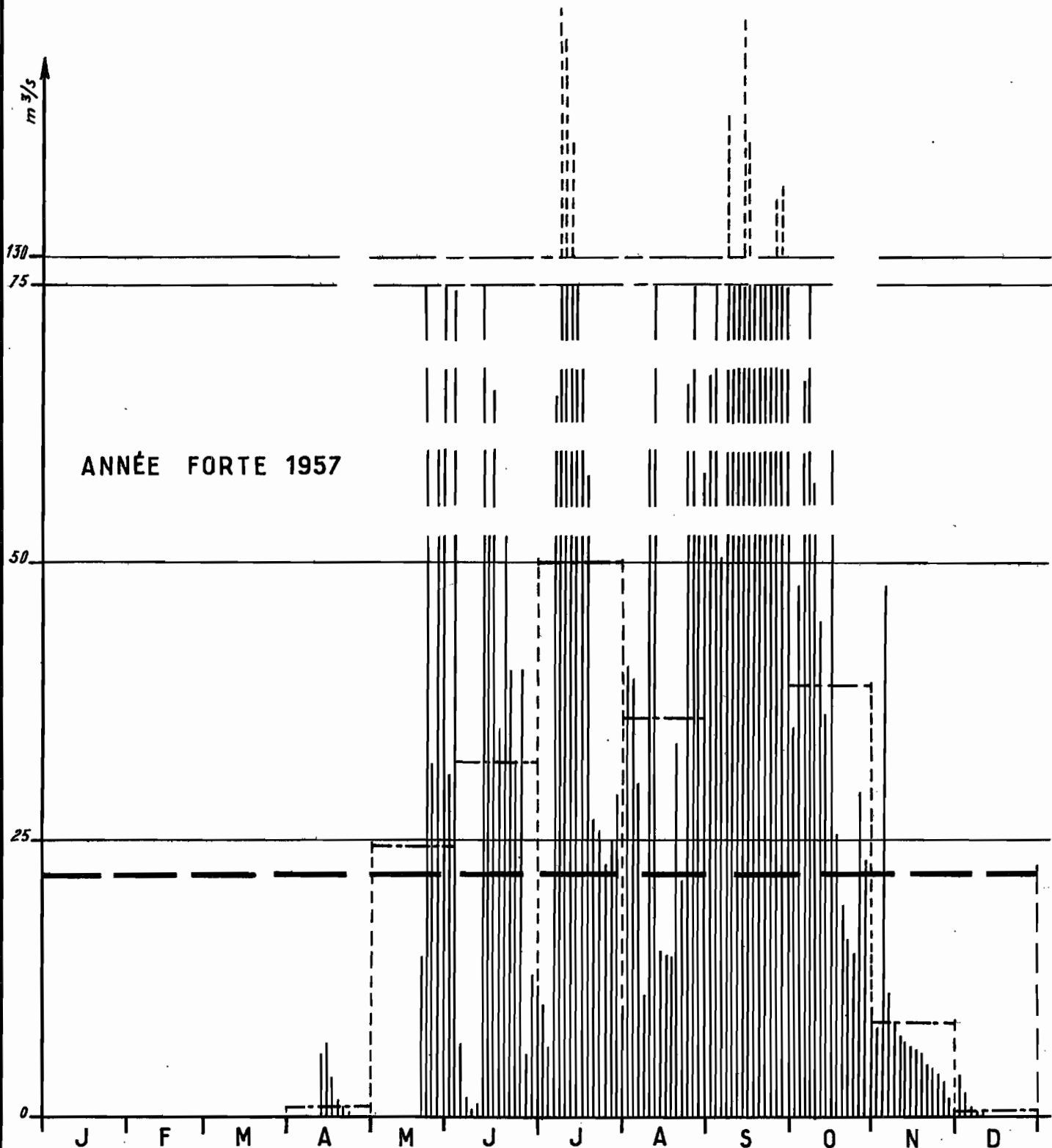
LE ZOU à ZOUDJI

Gr_49

ANNÉE TRÈS FAIBLE 1958



ANNÉE FORTE 1957



ORSTOM

A0

DATE: 13-5-63

DESSINÉ: J. Métaayer

DAH_141.054

Le ralentissement des pluies peut provoquer un arrêt de l'écoulement entre chaque pointe de crue, c'est le cas pour les années sèches de 1954, 1955 et 1958 où l'écoulement cesse à plusieurs reprises en cours de la saison des pluies. Le bassin, en plein climat tropical de transition voit des mois de Juillet à Octobre également pluvieux, à par certaines années où le F.I.T. remonte assez au Nord pour que s'morçeela petite saison sèche d'Août. On peut alors observer un maximum annuel en Juillet ou en Septembre-Octobre. La pluviométrie étant pratiquement constante pendant quatre mois et les crues très individualisées, il n'y a pas vraiment de mois dont le débit moyen l'emporte vraiment sur les autres. Les débits des mois de Juillet à Octobre sont d'importance à peu près égale avec un léger avantage au mois de Septembre.

La faiblesse des réserves souterraines donne un tarissement rapide permettant l'installation d'un étiage à débit à peu près nul de début Décembre à fin Mai.

TABEAU XIX -

DEBITS CARACTERISTIQUES du ZOU à ZOUDJI

(B.V. = 2020 km²)

Années	Valeurs absolues m ³ /s.					Valeurs spécifiques l/s/km ²				
	DCE	DC3	DC6	DC9	DCC	DCE	DC3	DC6	DC9	DCC
1953-54	0	0	0,11	8,4	(106)			0,05	4,2	(53)
1954-55	0	0	0	0,4	(78)				0,02	(39)
1955-56	0	0	0,05	15,3	(112)			0,02	7,6	(55)
1956-57	0	0	0,01	0,3	8,4				0,03	4,2
1957-58	0	0,02	7,5	36	(140)			3,7	17,8	(69)
1958-59	0	0		(0,06)	2,3					1,1

.../...

TABLEAU XX

MODULES SPECIFIQUES et LAMES d'EAU à ZOUDJI
B.V.: 2020 km²

Années	Module spécifique l/s/km ²	Lame d'eau mm
1953	5,8	(183)
1954	2,7	(85)
1955	5,8	(185)
1956	0,8	(25)
1957	10,9	(344)
1958	0,1	5

Le module moyen annuel pour la période est estimé à 8,8 m³/s correspondant à un module spécifique de 4,4 l/s/km² et une lame d'eau annuelle de 138 mm.

Ces valeurs sont à rapprocher de celles du bassin de la Beffa à Vossa, relatives à la même période (de 1953 à 1958 inclus). Les deux bassins de superficie sensiblement équivalentes, et à la même latitude ont un module spécifique assez proche, 3,7 contre 4,4 l/s/km², le bassin de Zoudji étant un peu plus arrosé.

- Station d'Atchérigbe sur le Zou -

Nous avons déjà montré dans la partie climatologique de cette étude, l'influence non négligeable du régime équatorial de transition s'étendant sur une assez grande partie de ce bassin. La répercussion sur les pluies est sensible avec deux saisons des pluies bien individualisées séparées par une petite saison sèche plus ou moins marquée suivant les années. Les débits sont extrêmement irréguliers, dépendant de l'abondance pluviométrique mensuelle et de l'état de saturation du sol donc de la répartition de ces pluies dans le temps.

Les débits mensuels moyens interannuels calculés sur la période (tableau XXI) indiquent une diminution des hautes eaux en Août ; pendant ce mois, le ralentissement de l'écoulement est à peine notable ou au contraire très

.../...

accentué suivant les années ; la seconde saison des pluies plus importante que la première, grâce à la prédominance du climat tropical de transition présente un maximum annuel situé généralement en Octobre plutôt qu'en Septembre, la période pendant laquelle on observe des pluies étant plus longue que dans le Nord du bassin de l'Ouémé. Cependant, les dernières pluies sont trop espacées pour provoquer un ruissellement notable et nous retrouvons dès Décembre cette longue période d'étiage, caractéristique du Centre Dahomey.

Le graphique n° 51 représentant les débits classés (tableau XXII) montre les pointes de débits en Juillet et Octobre, bien que les plus forts débits aient été observés en Septembre. Remarquons que la courbe joignant les pointes de fréquence 0,90 (ou 10%) ne représente pas une année de fréquence 10%. Les valeurs des fréquences ne sont valables que pour chaque mois pris séparément.

.../...

TABLEAU XXI

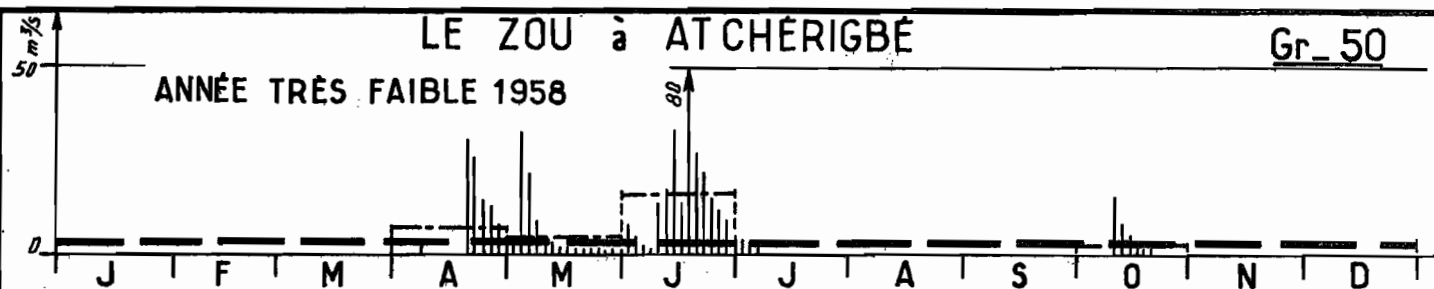
DEBITS MOYENS MENSUELS du ZOU à ATCHERIGBE (en m³/s)-B.V.: 6950 km²

Années	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Module
1951				0,16	0,03	10,8	18,6	41,3	41,7	85,7	31,6	0,29	19,3
1952	0,002	0	(0,01)	0,06	0,02	0,56	15,5	13,4	49,0	109	7,05	0,07	16,3
1953	0,01	0,18	1,00	0,09	0,38	33,5	114	70,5	64,6	83,4	9,44	0,08	31,7
1954	0	0	0,32	0,76	0,57	28,1	12,9	4,0	13,7	132	18,3	0,44	17,8
1955	0,007	0,03	0,32	0,03	4,04	23,7	139	165	90,7	117	10,9	0,28	46,5
1956	0,003	0	0	0,64	0,02	3,37	0,27	0	18,3	15,7	0,49	0,52	3,3
1957	0	0	0,003	0,69	62,4	91,3	123	71,7	203	113	30,9	2,40	58,5
1958	0,11	0,07	0,02	6,89	4,67	16,5	0,97	0	0,01	2,03	0,01	0	2,6
1959	0	0,05	0,12	1,57	3,57	0,62	23,9	8,68	69,0	59,0	2,05	0,04	14,1
1960	0	0	0,73	1,30	0,38	7,84	79,0	54,5	188	91,0	24,4	0,33	37,3
Moyenne	0,01	0,04	0,25	1,22	7,61	21,6	52,7	43,0	73,8	80,7	13,5	0,45	24,8

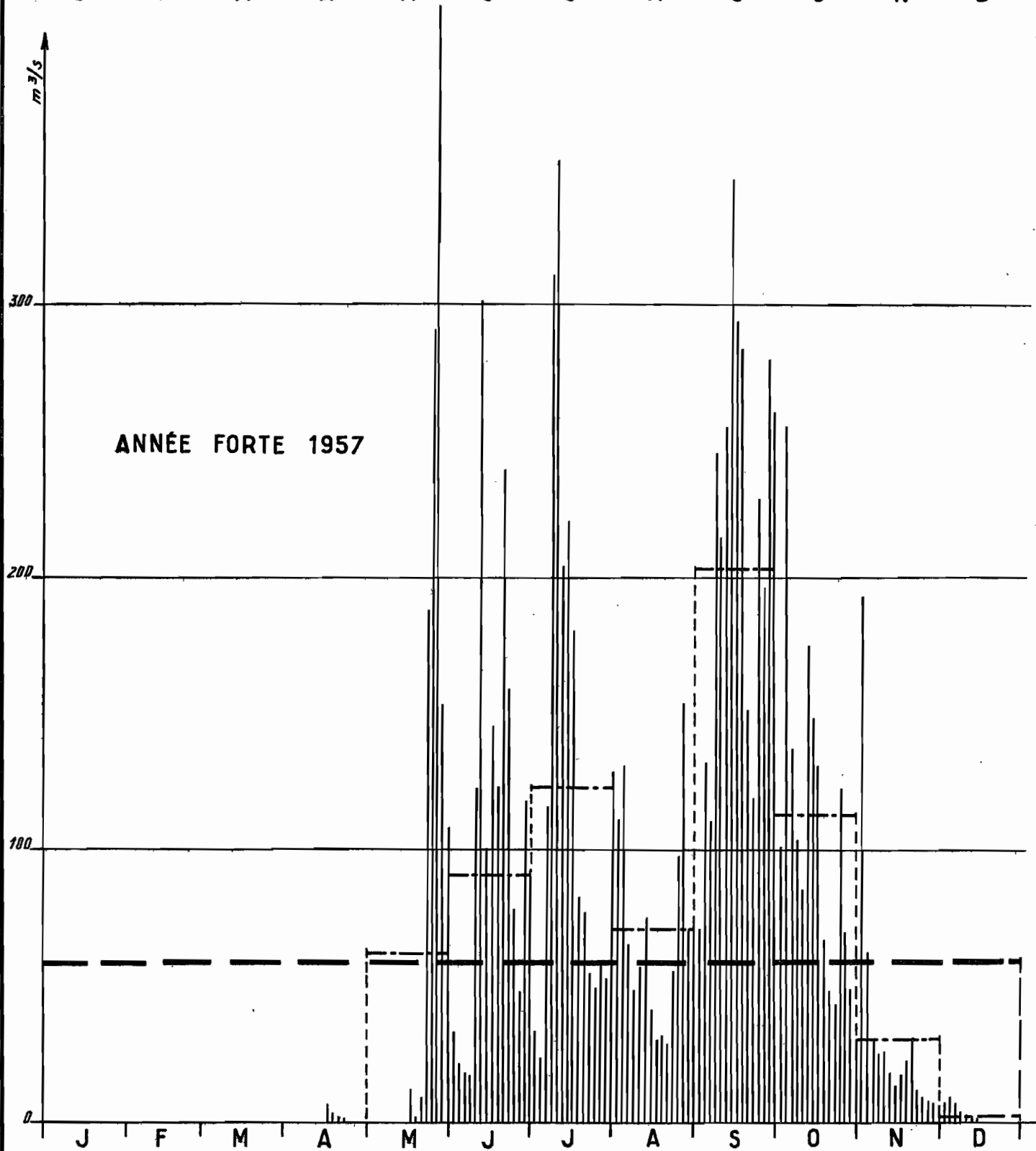
LE ZOU à ATCHÉRIGBÉ

Gr_50

ANNÉE TRÈS FAIBLE 1958



ANNÉE FORTE 1957



ORSTOM

A0

DATE: 6-5-63

DESSINÉ: J. Métyer

DAH-141.055

TABLEAU XXII

DEBITS MENSUELS CLASSES du ZOU à ATCHERIGBE (en fréquence au dépassement)

B.V. : 6950 km²

PERIODE 1951-1960

Fréquence	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0,10	0,10	0,10	0,75	2,4	30	60	130	115	195	124	31	0,7
0,25	0,01	0,05	0,32	1,25	3,8	27	114	69	87	111	22,8	0,4
0,50	0	0	0,07	0,67	0,5	13,6	21	27	57	88	10	0,3
0,75	0	0	0,01	0,11	0,1	4	13,5	5,2	25	64	3	0,08
0,90	0	0	0	0,05	0,02	0,6	0,9	0	1,5	3,5	0,4	0,03

LE ZOU à ATCHERIGBÉ

Débits moyens mensuels classés en fréquences au dépassement

PÉRIODE 1951-1960

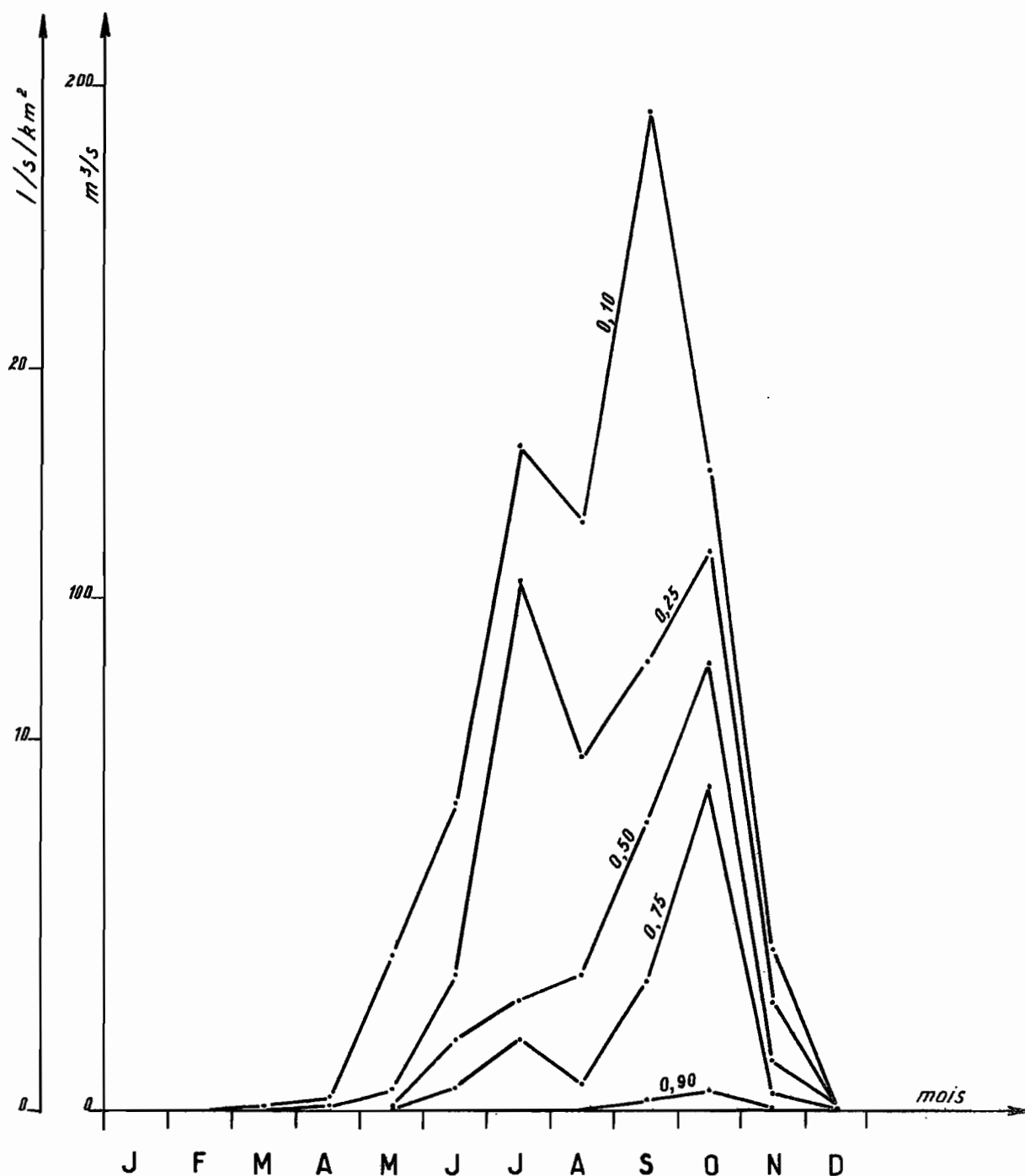


TABLEAU XXIII

DEBITS CARACTERISTIQUES du ZOU à ATCHERIGBE

B.V. : 6950 km²

Années	Valeurs absolues m ³ /s					Valeurs spécifiques l/s/km ²				
	DCE	DC9	DC6	DC3	DCC	DCE	DC9	DC6	DC3	DCC
1951-52	0	0,02	0,10	19,1	144	-	-	0,01	2,7	20,7
1952-53	0	0,02	0,18	12,0	160	-	-	0,03	1,7	23,0
1953-54	0	0	1,56	44,0	188	-	-	0,22	6,3	27,1
1954-55	0	0,05	2,20	12,5	168	-	-	0,32	1,8	24,2
1955-56	0	0	3,53	62,0	287	-	-	0,50	9,0	41,3
1956-57	0	0	0,07	0,90	25,4	-	-	0,009	0,13	3,7
1957-58	0	0,04	14,4	87,0	294	-	-	2,17	12,5	42,3
1958-59	0	0	0	0,60	26,1	-	-	0	0,09	3,8
1959-60	0	0	0,55	8,2	106	-	-	0,08	1,18	15,3
1960-61	0	0	0,92	45	253	-	-	0,13	6,5	36,4

TABLEAU XXIV

MODULES SPECIFIQUES et LAMES d'EAU à ATCHERIGBE
B.V.: 6950 km²

Années	Module spécifique l/s/km ²	Lame d'eau mm
1951	2,8	88
1952	2,4	75
1953	4,6	144
1954	2,6	81
1955	6,7	211
1956	0,5	15
1957	8,4	266
1958	0,4	12
1959	2,0	64
1960	5,4	170

Le module moyen annuel pour la période est de 24,8 m³/s soit un module de 3,6 l/s/km² et une lame d'eau annuelle de 112,5 mm.

La valeur annuelle du module est très variable (de 2,6 m³/s en 1958 à 58,5 m³/s en 1957) l'irrégularité interannuelle est remarquablement élevée. Nous verrons dans le prochain chapitre la valeur accordée au module inter-annuel à cette station.

- Station de l'Agbado à Savalou -

Les débits moyens concernant la période (1957-1960) au déversoir-barrage figurent dans le tableau XXV.

Le déversoir ne commence à fonctionner qu'à la fin de Mars, début Avril, mais de façon intermittente jusqu'en Juin. On observe un ralentissement des débits en Août et un maximum en Septembre. Au début de Décembre l'écoulement s'arrête.

.../...

TABLEAU XXV

DEBITS MOYENS MENSUELS de l'AGBADO à SAVALOU (Déversoir-barrage)

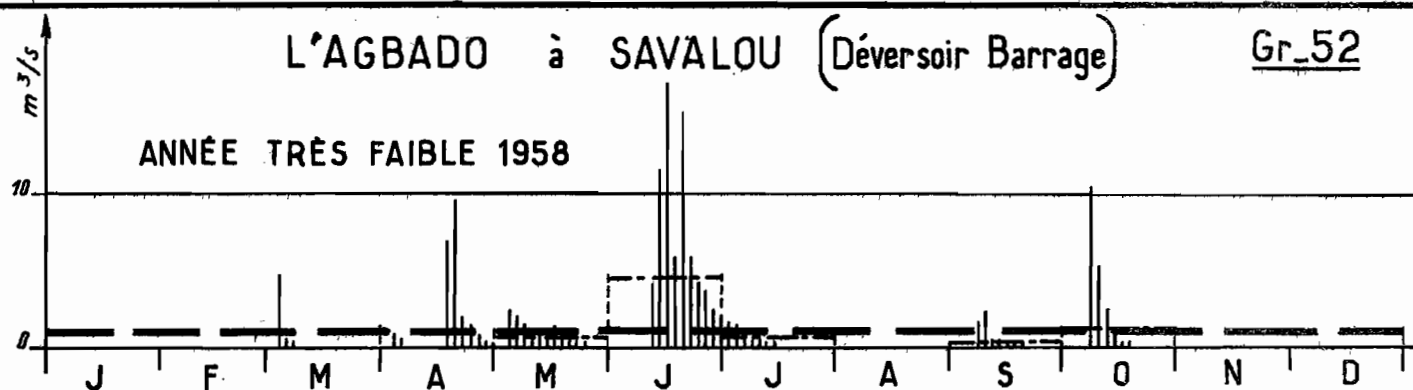
$$B.V. = 1280 \text{ km}^2$$

Années	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Module m ³ /s
1957	0	0	0	0,05	1,4	20,1	17,6	7,9	38,9	24,5	5,5	0,5	9,7
1958	0,03	0	0,3	1,1	0,7	4,6	0,5	0,01	0,3	1,2	0,06	0	0,75
1959	0	0	0,6	0,5	0,9	0,2	1,2	2,6	33,2	13,0	1,3	0,2	4,5
1960	0	0	0,06	0,8	0,02	2,0	13,1	13,8	38,5	14,9	6,4	0,3	7,5
Moyenne	0	0	0,2	0,6	0,8	6,7	8,0	6,0	27,7	13,4	3,3	0,2	5,6

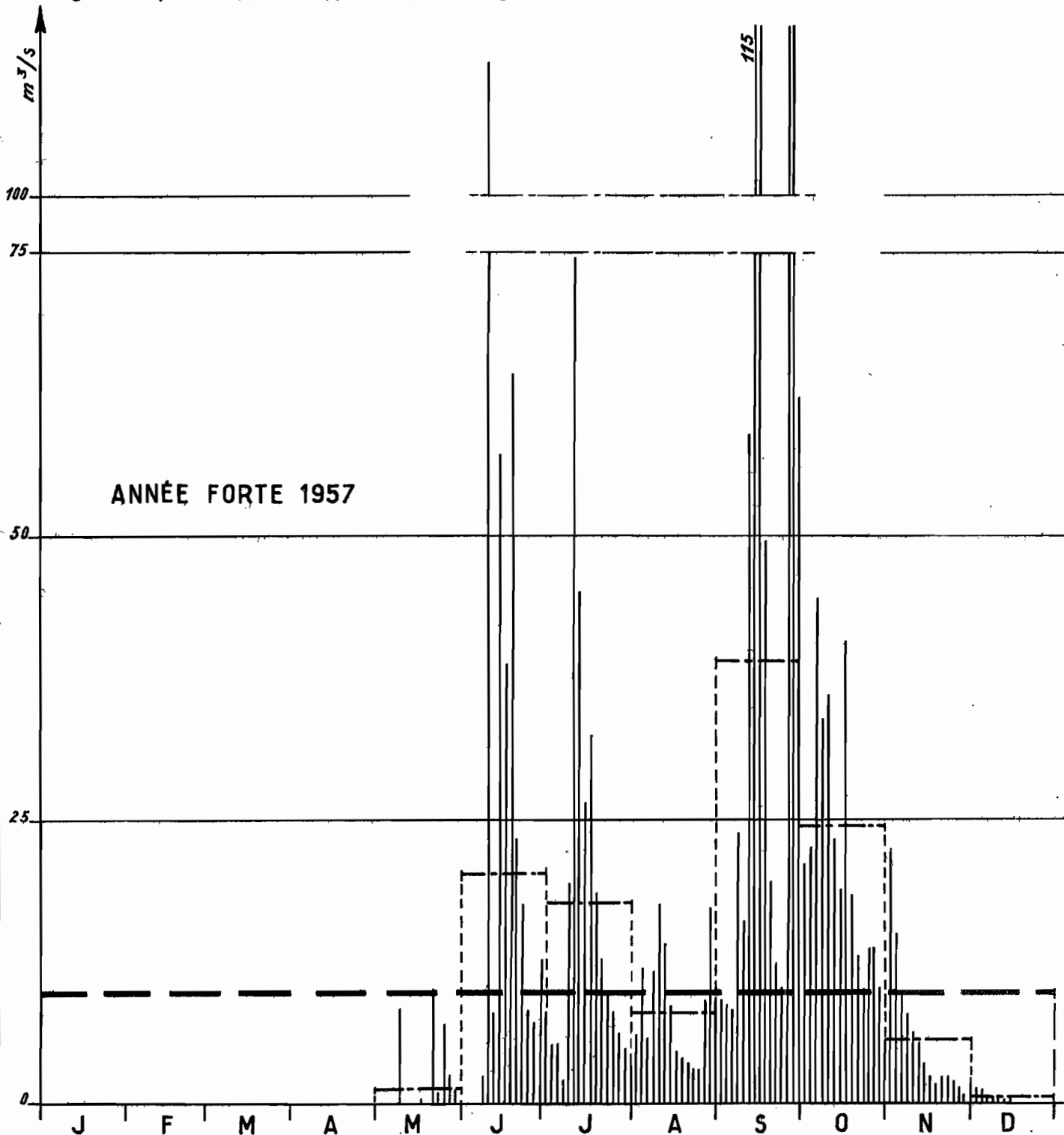
L'AGBADO à SAVALOU (Déversoir Barrage)

Gr_52

ANNÉE TRÈS FAIBLE 1958



ANNÉE FORTE 1957



ORSTOM

A0

DATE: 7-5-63

DESSINÉ: J. Métayer

DAH_141.057

TABLEAU XXVI

DEBITS CARACTERISTIQUES de l'AGBADO à SAVALOU

Années	Valeurs absolues m ³ /s.					Valeurs spécifiques l/s/km ² .				
	DCE	DC3	DC6	DC9	DCC	DCE	DC3	DC6	DC9	DCC
1957-58	0	0	1,9	10,2	64,3		1,5	8,0	50,2	
1958-59	0	0	0	0,2	7,2		0	0,2	5,6	
1959-60	0	0	0,2	2,7	45,2		0,16	2,1	35,3	
1960-61	0	0	0,3	9,3	53,7		0,2	7,3	42,0	

TABLEAU XXVII

MODULES SPECIFIQUES et LAMES d'EAU-B.V.:1280 km²

Années	Module spécifique l/s/km ²	Lame d'eau mm
1957	7,6	239
1958	0,6	19
1959	3,5	111
1960	5,9	185

Le module annuel moyen de la période est de 5,6 m³/s soit un module spécifique de 4,4 l/s/km² et une lame d'eau écoulée de 139 mm, estimation par excès (la période d'observation comprend 2 années très fortes et une seule année très faible).

Le volume écoulé annuel passant par le déversoir peut varier d'une année à l'autre dans de fortes proportions; de 1 à 10 et davantage (le module de 1958 est de 0,8 m³/s, celui de 1957 de 9,7 m³/s).

.../...

- Station de Logozohé sur le Klou -

Les résultats sont consignés dans les trois tableaux suivants.

TABLEAU XXVIII -

DEBITS CARACTERISTIQUES du KLOU à LOGOZOHE

B.V. : 300 km²

Années	Valeurs absolues m ³ /s					Valeurs spécifiques l/s/km ²				
	DCE	DC3	DC6	DC9	DCC	DCE	DC3	DC6	DC9	DCC
1952-53	0	0	0	0,08	7,4	-	-	-	0,27	24,6
1953-54	0	0	0,01	1,52	17,6	-	-	0,03	5,06	58,6
1954-55	0	0	0	0,15	7,2	-	-	-	0,50	23,9
1955-56	0	0	0,04	1,52	18,6	-	-	0,13	5,07	62,0
1956-57	0	0,02	0,02	0,03	1,4	-	-	0,07	0,10	4,7
1957-58	0	0,02	0,33	2,25	22,1	-	-	1,10	7,50	73,6
1958-59	0	0	0	0,04	3,7	-	-	-	0,13	12,3
1959-60	0	0	0,19	2,36	14,2	-	-	0,63	7,86	47,3
1960-61	0	0,02	0,03	1,76	26,8	-	-	0,10	5,86	89,3

.../...

TABLEAU XXIX

DEBITS MOYENS MENSUELS du KLOU à LOGOZOHE-B.V.: 300 km²

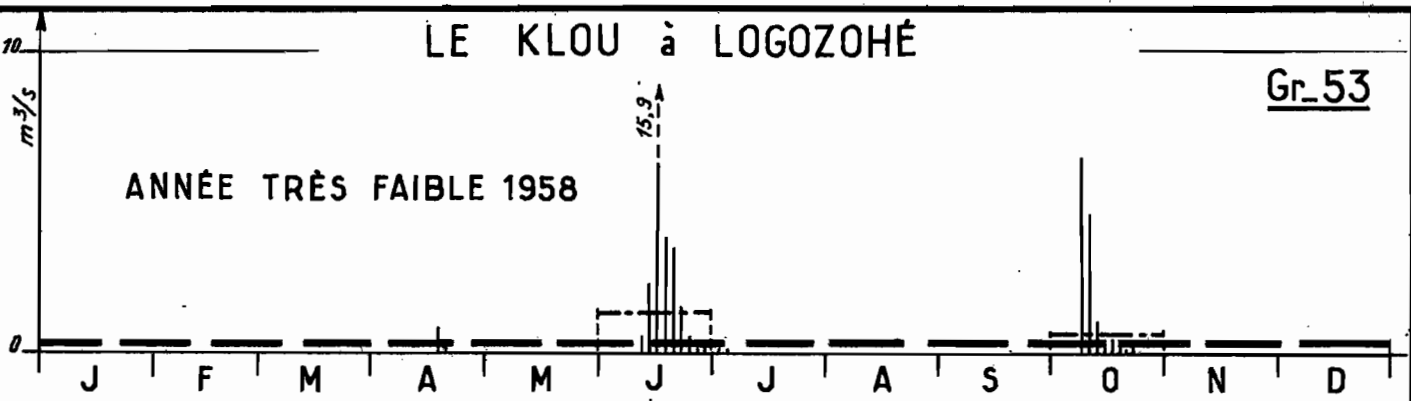
Années	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Module
1952	0	0	0	0,03	0,01	0,01	0,91	0,06	2,28	4,66	0,06	0	0,67
1953	0	0,1	0,06	0,15	0	1,22	9,33	2,14	6,11	4,54	0,32	0	1,99
1954	0	0	0	0	0,03	1,15	0,36	0	0,63	5,49	0,25	0	0,81
1955	0	0	0	0,01	0,02	1,03	10,95	3,7	3,55	6,69	0,15	0,01	2,18
1956	0	0	0	0,18	0,04	0,05	0,02	0,02	0,20	1,51	0,03	0,20	0,19
1957	0,04	0,03	0,02	0,11	2,48	8,54	3,18	2,39	8,86	5,69	2,78	0,53	2,89
1958	0,03	0,02	0	0,04	0,02	1,35	0,03	0	0,01	0,55	0,03	0,02	0,17
1959	0,02	0	0,19	1,75	5,57	0,82	3,19	1,33	11,38	3,75	0,09	0,02	2,35
1960	0	0	0	0,01	0,01	1,57	9,42	3,45	14,22	4,21	0,62	0,02	2,85
Moyenne	0,01	0,01	0,02	0,25	0,91	1,75	4,2	1,45	5,24	4,12	0,48	0,08	1,57

Pour un bassin de 300 km² de superficie, l'hydrogramme sera en dents de scie, avec deux valeurs plus fortes en Juillet et en Septembre.

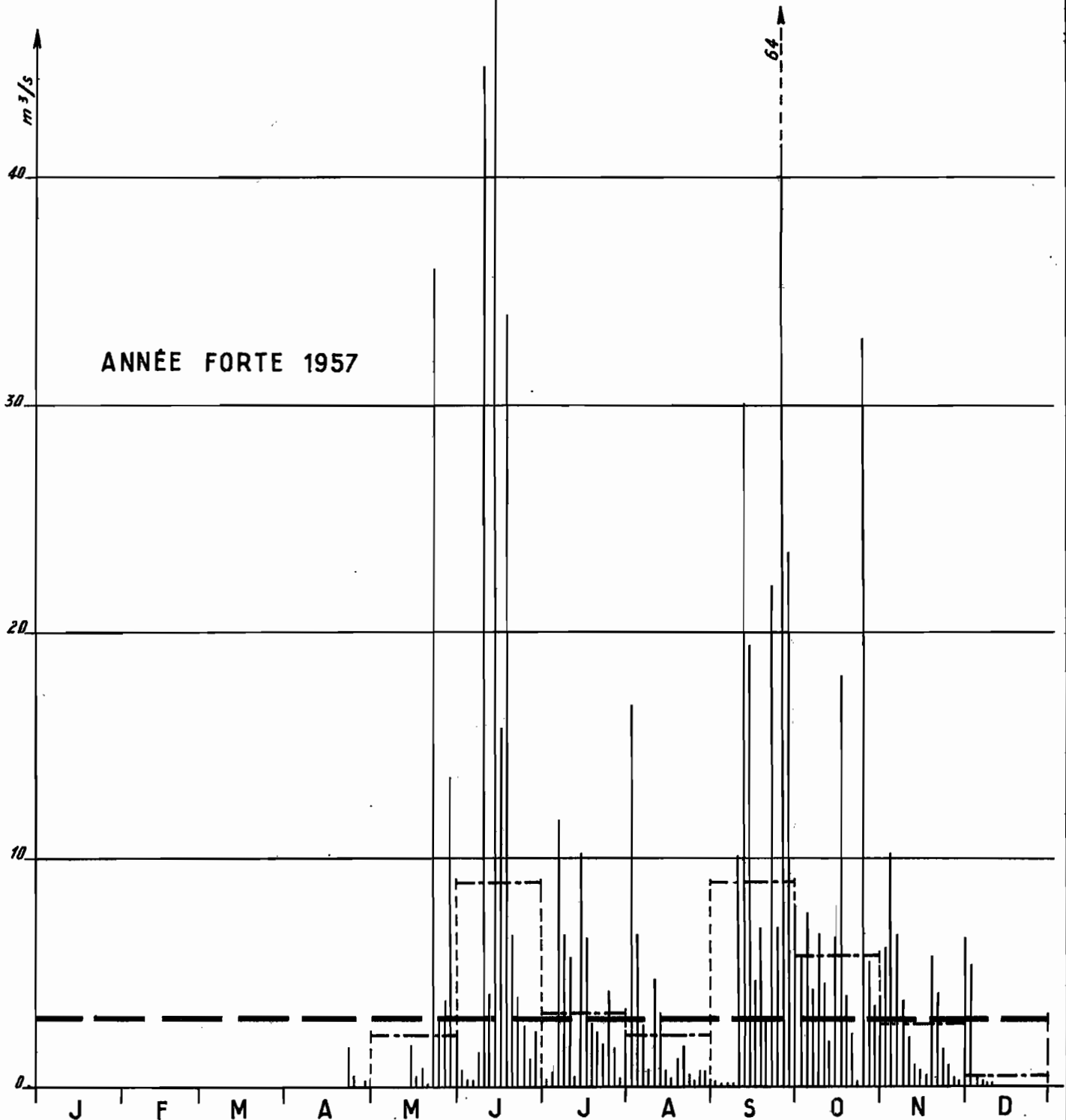
LE KLOU à LOGOZOHÉ

Gr_53

ANNÉE TRÈS FAIBLE 1958



ANNÉE FORTE 1957



ORSTOM

A0

DATE: 6-5-63

DESSINÉ: J. Melaye

DAH_141.058

TABLEAU XXX

MODULES SPECIFIQUES et LAMES d'EAU à LOGOZOHE

B.V.: 300 km²

Années	Module spécifique l/s/km ²	Lame d'eau mm
1952-53	2,3	73
1953-54	6,6	210
1954-55	2,7	85
1955-56	7,4	234
1956-57	0,6	20
1957-58	9,6	303
1958-59	1,1	34
1959-60	7,3	230
1960-61	9,5	300

Le module moyen annuel pour la période est de 1,6 m³/s soit un module spécifique de 5,2 l/s/km² et une lame d'eau annuelle de 165 mm.

On constate, pour l'ensemble de ces stations, un assez bon parallélisme entre les variations des modules d'une année à l'autre et des valeurs cohérentes des modules spécifiques compte tenu des singularités locales. Ceci montre que, mises à part quelques erreurs de détails, les observations et les jaugeages sont valables autorisant des études statistiques que l'irrégularité foncière du régime de l'Ouémé ne permettra pas, malheureusement, de pousser bien loin.

.../...

3.2 - Etude des modules -

Nous avons calculé dans le chapitre précédent les modules moyens annuels aux différentes stations à partir des relevés hydrométriques.

Les périodes d'observations aux stations les plus importantes du bassin sont les suivantes :

Station de l'Ouémé à Bétérou	de 1952 à 1960	soit 9 ans
Station de l'Ouémé à SAVE	de 1951 à 1960	soit 10 ans
Station du Zou à Atcherigbé	de 1951 à 1960	soit 10 ans
Station de l'Okpara à Kaboua	de 1951 à 1960	soit 10 ans

Il est difficile, avec une durée d'observation aussi réduite, de se faire une idée correcte du module interannuel. Nous disposons heureusement de données pluviométriques établies sur une beaucoup plus longue période, permettant de connaître la pluviométrie moyenne annuelle sur les bassins depuis 1922.

S'il existe une corrélation acceptable entre les pluies et les débits, nous pourrions reconstituer les modules annuels jusqu'en 1922. Le nouvel échantillonnage donnera alors une estimation beaucoup plus exacte du module interannuel vrai.

En général, on compare les précipitations moyennes annuelles sur le bassin aux modules annuels correspondants.

La pluviométrie moyenne annuelle est calculée par la méthode des isohyètes. La valeur trouvée est souvent peu précise, elle suppose une bonne répartition des postes pluviométriques, ce qui est rarement le cas ; chaque poste n'est pas forcément représentatif de la zone d'influence qu'on lui attribue.

D'autre part, les pluies étant très hétérogènes, il faudrait un nombre de postes très élevé. Les bassins du Zou et de l'Okpara sont, à ce point de vue, assez défavorisés, et la pluviométrie moyenne trouvée sera d'autant plus approximative que le nombre de postes sur un bassin sera plus petit.

Les erreurs d'observation ne sont pas négligeables, bien que l'on puisse parfois y remédier par la méthode des doubles masses qui permet de déceler une erreur systématique sur la valeur annuelle des précipitations à une station donnée.

.../...

On appelle courbe de masse la courbe obtenue en portant sur un graphique les temps en abscisses et les hauteurs pluviométriques annuelles cumulées en ordonnées, à partir d'un temps pris comme origine. Si deux stations voisines ont des totaux annuels liés par une corrélation satisfaisante, on peut, en choisissant la période commune la plus longue, reporter les ordonnées de la courbe de masse de l'une en fonction des ordonnées de la courbe de masse de l'autre correspondant aux mêmes abscisses sur l'échelle des temps ; on obtient alors une courbe de double masse.

Les précipitations annuelles de chaque station suivant une loi de Gauss, il doit exister une corrélation linéaire entre les stations. Les pluies annuelles cumulées sont une combinaison linéaire des pluies annuelles, donc la courbe de double masse doit être une droite, avec naturellement une certaine dispersion dans les points expérimentaux. Si l'on constate que cette courbe se compose par exemple de deux segments de droite, c'est que l'une au moins des stations comporte une erreur systématique. En agissant de même avec d'autres stations voisines, on doit pouvoir arriver à isoler la station fautive.

La nature de la relation $Q(P)$ est assez délicate à établir.

Si l'on admet que les pluies et les modules ont une distribution normale, c'est-à-dire suivent une loi gaussienne, la corrélation est alors linéaire.

Dans de nombreuses études, comme la monographie du Niger, on s'est contenté de cette hypothèse et l'on a donné à la relation $Q(P)$ la forme suivante $H = K(P - P_0)$.

P désigne la pluviométrie moyenne annuelle et H la lame d'eau écoulée annuelle.

La lame d'eau est préférée au module car elle est exprimée en mm et permet ainsi de comparer les résultats de bassins différents. Rappelons que : $H = \frac{Q \times 31,6 \times 10^3}{S \text{ km}^2}$

dans laquelle H désigne la lame d'eau équivalente au module
 Q le débit moyen annuel ou module (m^3/s)
 S la surface du bassin en km^2 ;

les paramètres K et P_0 sont calculés par la méthode des moindres carrés.

.../...

Cependant, la distribution des modules n'est pas tout à fait normale, en particulier pour les très faibles modules dus à des pluies faibles, les conditions requises par le théorème central limite concernant la normalité statistique des modules n'étant plus réalisées.

On estime en général que la relation $Q(P)$ est d'ordre parabolique et ceci semble assez bien se justifier dans le cas présent lorsqu'on examine sur un graphique le nuage des points provenant de la comparaison pluies-lames d'eau écoulées.

Mais si, en régime tropical de transition normal, les valeurs observées sont toujours assez loin de l'origine pour que l'on puisse, sans grandes erreurs, se contenter d'une relation linéaire puisque les points représentatifs sont situés sur la partie de la branche quasiment rectiligne de la parabole, il n'en est pas de même dans le cas présent. Il existe en effet des modules annuels extrêmement faibles, comme c'est le cas pour les années 1956 et surtout 1958.

L'emploi d'une telle relation, même parabolique, ne serait cependant pas satisfaisant ici, car le régime tropical de transition à variante dahoméenne a des pluies espacées dans le temps, réparties sur une période de six mois. Le ruissellement provoqué par une averse étant fonction de l'état de saturation du sol donc des précipitations antérieures, la répartition des pluies au cours de l'année sera très importante en permettant ou non aux sols d'atteindre leur capacité de rétention.

Les débits mensuels dépendront non seulement des précipitations du mois mais également des pluies du mois précédent. Si les premiers mois de la saison des pluies ou un mois au milieu de celle-ci sont fortement déficitaires, le débit moyen annuel sera faible même si les derniers mois sont bien arrosés, comme nous l'avons déjà dit dans le préambule.

Ainsi, ce n'est pas tant la quantité pluviométrique annuelle que la distribution mensuelle des pluies au cours de l'année qui interviendra dans l'estimation du module annuel.

Nous verrons que des années également pluvieuses pourront donner des modules assez différents (c'est le cas du bassin du Zou en particulier qui, par sa position méridionale, subit une petite saison sèche en Juillet-Août plus ou moins accentuée suivant la position du Front Intertropical).

.../...

Afin d'améliorer la corrélation pluies-modules, nous avons cherché à appliquer un indice de concentration des pluies mensuelles, C_p , qui a donné des résultats intéressants dans certaines études. On met cet indice sous la forme :

$$C_p = \frac{1}{\bar{p}} \sqrt{\frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} (p_i - \bar{p})^2}$$

p_i représente la pluie moyenne sur le bassin pour un mois donné

$\bar{p}$ est la moyenne de ces pluies mensuelles soit $\frac{P}{12}$.

Le coefficient $\frac{1}{12}$ permet de faire varier C_p de 0, pour des pluies mensuelles uniformément réparties dans l'année, à 1 pour une pluviométrie annuelle concentrée en un mois.

L'indice de concentration alors introduit dans l'équation de régression, nous aurions : $H = K (1 + \alpha C_p)(P - P_0)$

Les coefficients K , α et P_0 sont estimés par la méthode des résidus préférable à la méthode des moindres carrés beaucoup trop longue.

Cette méthode suppose la connaissance des pluviométries moyennes mensuelles sur chaque bassin que l'on détermine simplement par la méthode de Thiessen.

Les stations pluviométriques ayant des durées d'observation très inégales, nous n'avons pu remonter jusqu'en 1922 que pour le bassin de l'Ouémé à Bétérou seulement; pour les autres on ne peut aller raisonnablement au delà de 1937, voire 1942 pour le Zou à Atcherigbé. Certes, les corrélations établies au chapitre de la pluviométrie dans la première partie de cette monographie afin d'homogénéiser toutes les stations permettraient de reconstituer les valeurs manquantes mais on ne pourrait, sans risque d'erreurs grossières, se servir de ces valeurs reconstituées pour établir une nouvelle corrélation.

On constate que la relation $H = K (1 + \alpha C_p)(P - P_0)$ ne donne pas d'amélioration sensible ici par rapport à la première corrélation $H = K (P - P_0)$. Dans ces conditions, on serait tenté de représenter les lames d'eau écoulées annuelles par la formule : $H = \alpha_1 P_1 + \alpha_2 P_2 + \dots + \alpha_{12} P_{12}$, $P_1, P_2, \dots, P_{12}$ correspondant aux 12 précipitations mensuelles.

Mais la détermination de $\alpha_1, \alpha_2 \dots \alpha_{12}$ serait inextricable et l'échantillon des débits annuels est trop petit.

On a retenu cette idée, et on a cherché à simplifier cette expression par les considérations suivantes :

- Les précipitations de Mars et Avril sont peu importantes et ne donnent lieu à aucun ruissellement; d'autre part, celles de Novembre sont faibles et l'écoulement en plein tarissement ne dépend que des mois précédents, nous avons donc réduit la durée des observations des précipitations intervenant dans cette étude à six mois.

- On peut définir, pour une première période couvrant Mai et Juin, un coefficient d'écoulement K_1 correspondant au rapport des lames d'eau écoulées pendant ces deux mois aux précipitations de Mai et Juin P_1 .

- Pour la période de Juillet à Octobre, on peut définir un coefficient K_2 du même ordre mais on notera que la lame d'eau écoulée à cette époque dépend dans une large mesure de P_1 .

On aurait donc $H_2 = K_2 P_2 + K_3 P_2$, K_3 étant un facteur fonction de P_1 , qui peut être soit positif soit négatif.

- On pourrait chercher à mettre au point un ensemble de formules définissant K_1, K_2, K_3 en fonction de P_1, P_2 de façon à aboutir à une équation donnant H en fonction de P_1 et P_2 , cela serait fort compliqué. Il est plus simple de calculer dans chaque cas la valeur d'un indice I_p dont les variations soient voisines de celles de H et d'étudier la corrélation entre I_p et H .

On définira tout naturellement I_p par l'équation :

$$I_p = K_1 P_1 + K_2 P_2 + K_3 P_2$$

K_1, K_2, K_3 seront déterminés comme suit :

On porte sur le graphique A (voir module de Bétérou) le nuage de points représentant les valeurs de K_1 en fonction de P_1 . La dispersion est parfois assez grande, mais $K_1 P_1$ est faible en regard de la somme des deux termes suivants, on trace donc une courbe représentative au milieu du nuage de points, courbe qui donnera K_1 en fonction de P_1 .

.../...

Pour déterminer K_2 et K_3 on appliquera la méthode des résidus de la façon suivante : sur un graphique B sont portés les points figuratifs de K_2 en fonction de P_2 ; K_2 étant fonction de P_1 et P_2 , ces points sont assez dispersés par rapport à une courbe que l'on trace au milieu du nuage de points. On reporte alors les écarts de K_2 , positifs ou négatifs, par rapport à la courbe moyenne du graphique B, en fonction de P_1 , sur un graphique C. A travers le nuage de points, on trace une courbe $\Delta K_2 = f(P_1)$, on se reporte alors au graphique B et on retranche avec leur signe les valeurs de $\Delta K_2 = f(P_1)$ telles qu'elles ressortent de la courbe du graphique C, des ordonnées des points figuratifs du graphique B. On obtient ainsi une nouvelle série de points moins dispersés que la première, ce qui permet de tracer une nouvelle courbe de K_2 en fonction de P_2 plus satisfaisante que la première. On reprend la construction de la courbe du graphique C avec les anciens points et la nouvelle courbe B. On considérera cette courbe définitive. Il reste bien sur le graphique B une certaine dispersion, mais il y a peu d'espoir de l'améliorer, car des facteurs de dispersion, tels que la répartition des fortes précipitations dans le mois, n'ont pas été pris en compte et il n'est guère possible de les faire intervenir de façon simple.

On calculera donc l'indice I_p à partir de la courbe du graphique A pour le calcul de K_1 ; la nouvelle courbe du graphique B servira à déterminer K_2 en fonction de P_2 , K_3 sera déterminé par la nouvelle courbe du graphique C.

L'indice I_p ainsi calculé pour chaque année d'observation, il restera à étudier la corrélation H- I_p .

C'est à partir de la courbe de régression obtenue graphiquement que l'on reconstituera les lames d'eau manquantes.

Nous allons maintenant étudier en détail ces corrélations aux stations principales du Bassin.

.../...

- Station de l'Ouémé à Bétérou -

Nous avons pu, grâce aux stations pluviométriques de Djougou, Parakou, Bembéréké et Nikki, calculer les pluviométries moyennes mensuelles sur le bassin depuis 1922. Ceci nous permettra donc de reconstituer les lames d'eau de 1922 à 1951. Dans le tableau ci-joint ont été classées les lames d'eau écoulées annuelles avec, en regard, les lames d'eau écoulées H, les pluviométries moyennes P, et les divers coefficients d'écoulement K pour la période d'observations communes hydrométriques et pluviométriques de 1952 à 1960.

TABEAU XXXI

Années	Lames d'eau annuelles	1ère période			2ème période		
		H ₁	P ₁	K ₁	H ₂	P ₂	K ₂
		mm	mm	%	mm	mm	%
1955	413	3,5	352	1,0	387	1035	37,4
1953	343	19,4	424	4,6	306	850	36,0
1960	333	0,5	358	0,1	317	1146	27,6
1957	324	5	371	1,3	306	980	31,2
1952	220	0,2	290	0,1	206	779	26,4
1959	171	0,8	233	0,4	166	952	17,4
1954	162	3,5	235	1,5	148	723	20,4
1956	107	1,7	284	0,6	99	700	14,1
1958	10	0,3	168	0,2	8,1	492	1,6

A partir de ces données, nous traçons graphiquement $K_1 = f(P_1)$, $K_2 = f(P_2)$ et ΔK_2 ou $K_3 = f(P_1)$ comme il vient d'être indiqué et nous calculons alors l'indice Ip d'après la formule $Ip = K_1 P_1 + K_2 P_2 + K_3 P_2$.

.../...

TABLEAU XXXII

CALCUL de l'INDICE I_p (OUEME à BETEROU)

Années	K_1 P_1	K_2 P_2	K_3 P_2	I_p
1955	4	331	+ 60	395
1953	13	207	+ 100	320
1960	4	412	+ 68	484
1957	5	290	+ 70	365
1952	2	167	+ 6	175
1959	1	271	- 57	215
1954	1	136	- 42	95
1956	2	126	- 3	125
1958	0	49	- 64	$\approx$

La valeur de H pour 1958 est extrêmement faible puisque l'écoulement était pratiquement nul, la correction $K_3 P_2$ donnerait une valeur négative pour I_p ce qui est impossible puisque la limite inférieure de cet indice est zéro (pour $K_1 = 0$ et $K_2 = 0$); on lui attribuera donc une valeur $\approx$ très faible, la valeur réelle n'ayant aucun intérêt vu sa fréquence.

On reporte alors sur un graphique les points correspondant à chaque année observée avec I_p en abscisse et H_{mm} en ordonnée et l'on trace une courbe entre les points en répartissant les écarts ; cette courbe représentant la relation $H-I_p$ est une droite dans sa partie supérieure et passe par l'origine. Nous l'avons tracée aussi sans chercher à lui ajuster une équation quelconque, la dispersion de nos représentations graphiques ne le justifiant pas.

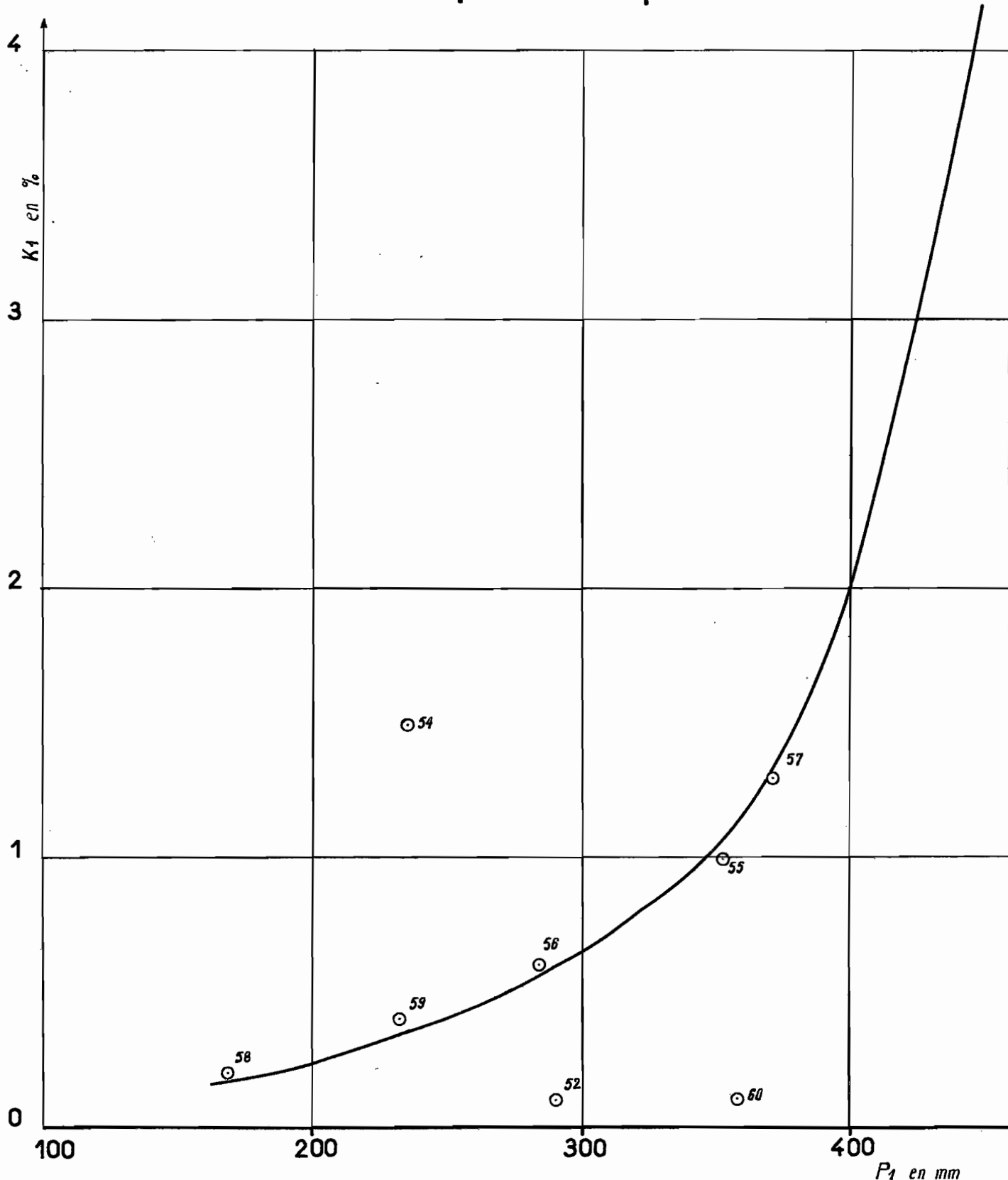
On reconstituera simplement de façon graphique toutes les lames d'eau annuelles à partir des indices I_p calculés d'après les relevés pluviométriques.

.../...

Gr_54
(A) ○ 53

L'OUÉMÉ A BÉTÉROU

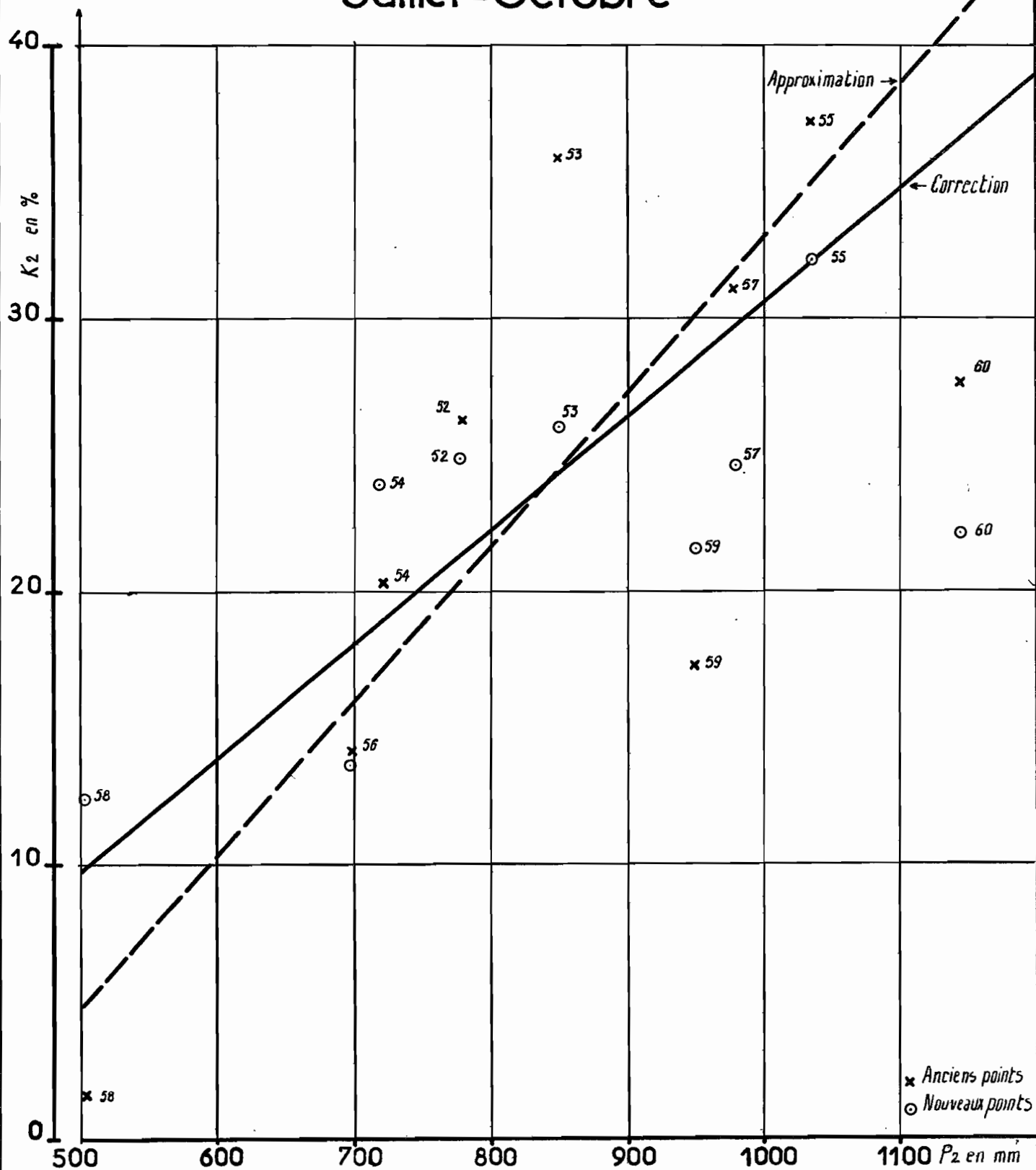
Relation $K_1 = f(P_1)$ pour la période Mai Juin



L'OUÉMÉ A BÉTÉROU

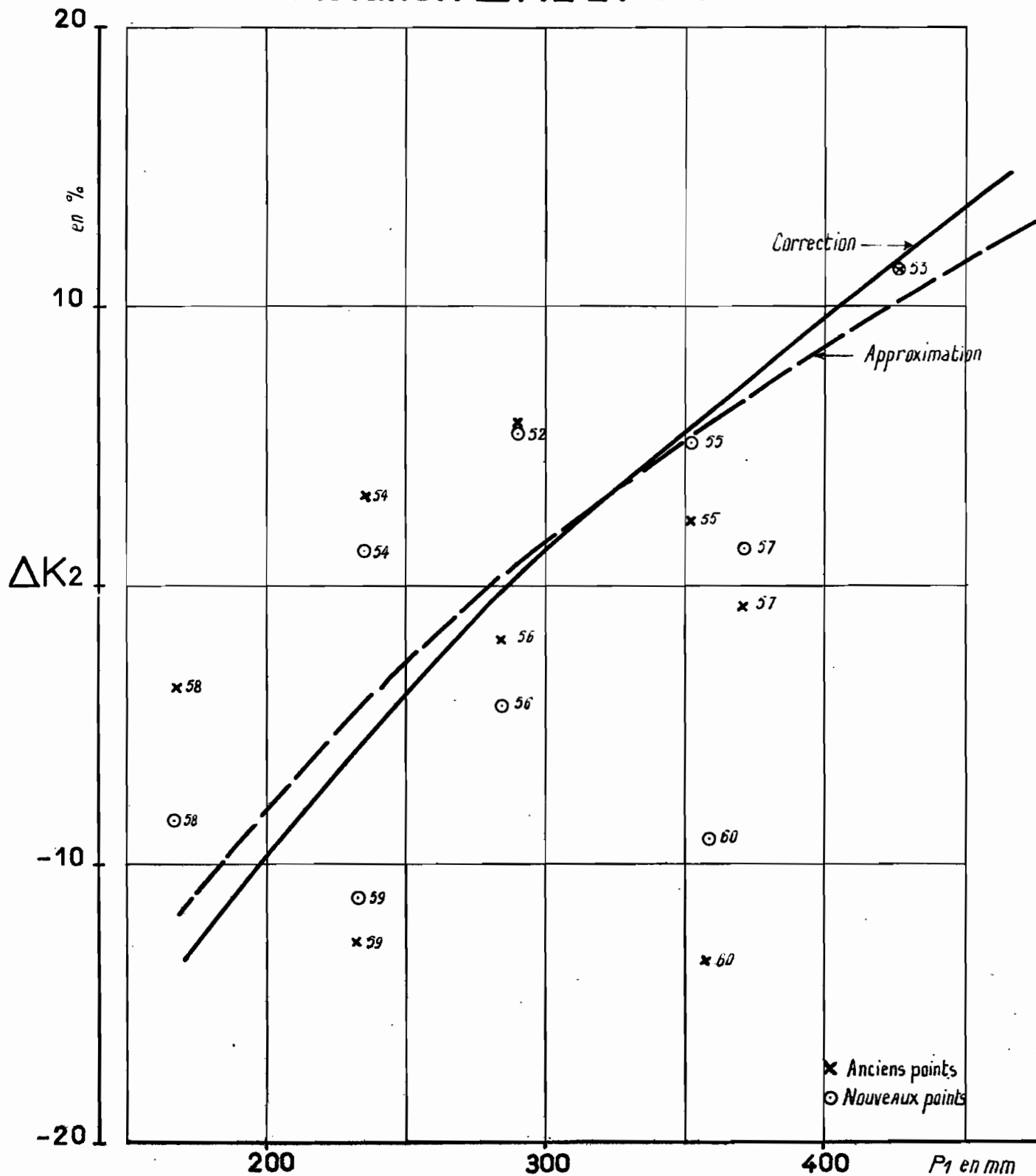
Gr. 55
(B)

Relation $K_2 = f(P_2)$ pour la période
Juillet-Octobre



x Anciens points
o Nouveaux points

Relation $\Delta K_2 = f(P_1)$



L'OUÉMÉ A BÉTÉROU

Gr-57

Corrélation H-Ip

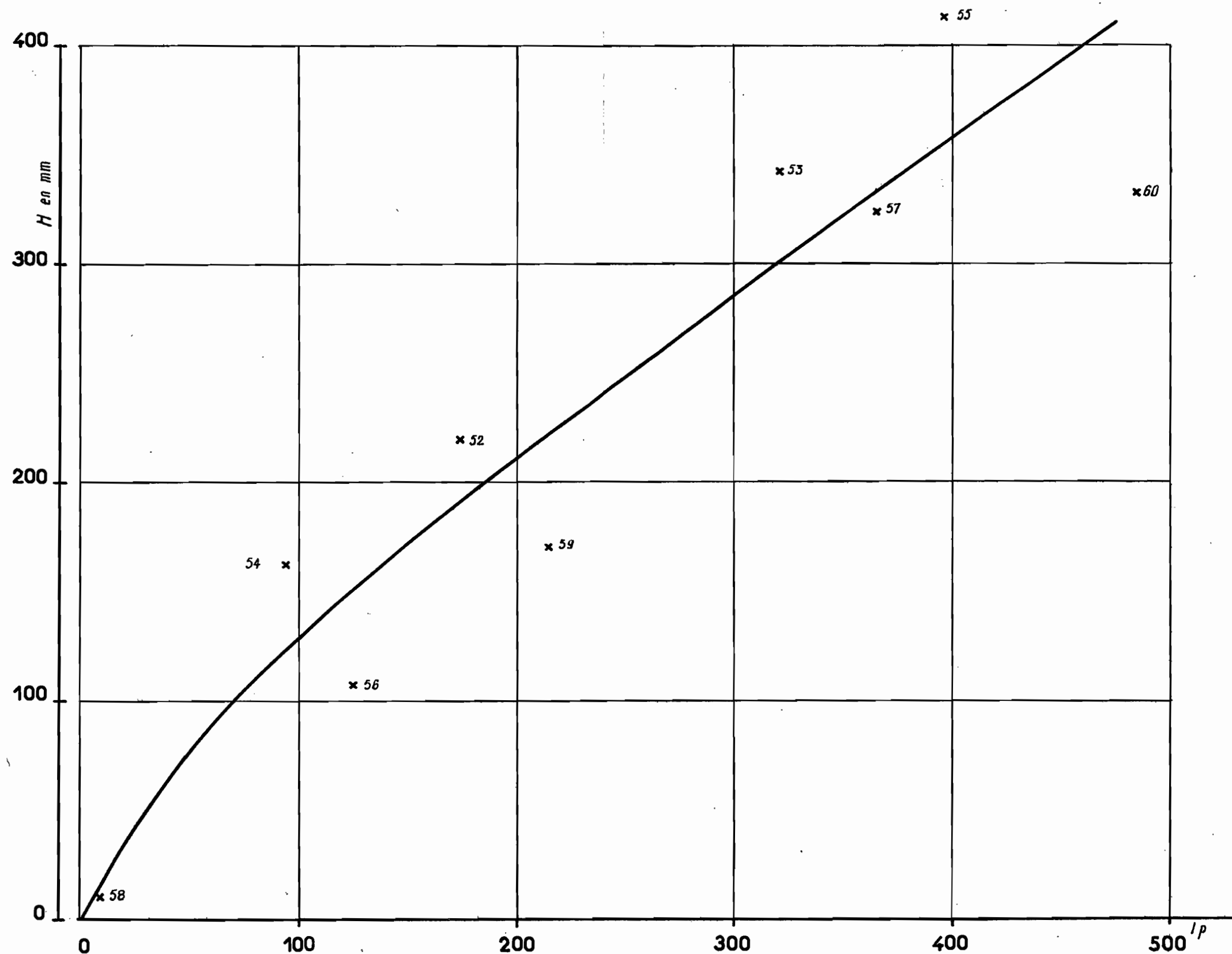


TABLEAU XXXIII

VALEURS de Ip et H pour la PERIODE 1922-1951
(OUEME à BETEROU)

Années	Pluviométrie moyenne en mm		Ip	Hmm
	Mai-Juin	Juillet-Octobre		
1951	276	1036	322	302
1950	263	653	95	123
1949	263	1155	408	364
1948	328	721	153	173
1947	366	929	321	301
1946	237	789	134	158
1945	316	796	156	176
1944	254	723	103	131
1943	368	747	205	215
1942	253	739	121	147
1941	408	793	267	261
1940	315	852	233	236
1939	343	732	182	196
1938	304	644	113	140
1937	174	945	154	174
1936	249	630	79	107
1935	222	1049	281	270
1934	262	1088	353	324
1933	343	910	291	279
1932	263	670	101	129
1931	339	1081	421	375
1930	340	715	170	187
1929	354	989	360	330
1928	329	881	262	258
1927	303	859	230	234
1926	272	748	142	164
1925	293	957	287	275
1924	294	781	177	192
1923	252	734	123	149
1922	343	923	300	285

Nous possédons maintenant un échantillon de 39 valeurs, l'expérience a montré qu'en régime tropical de transition les modules annuels suivent sensiblement une loi de Gauss sauf pour les valeurs extrêmes. On classe les lames d'eau observées ou calculées suivant leur fréquence au dépassement soit :

$$F_i(x) = \frac{n - \frac{1}{2}}{N}$$

n = numéro de classement
N = nombre d'observations.
.../...

TABLEAU XXXIV

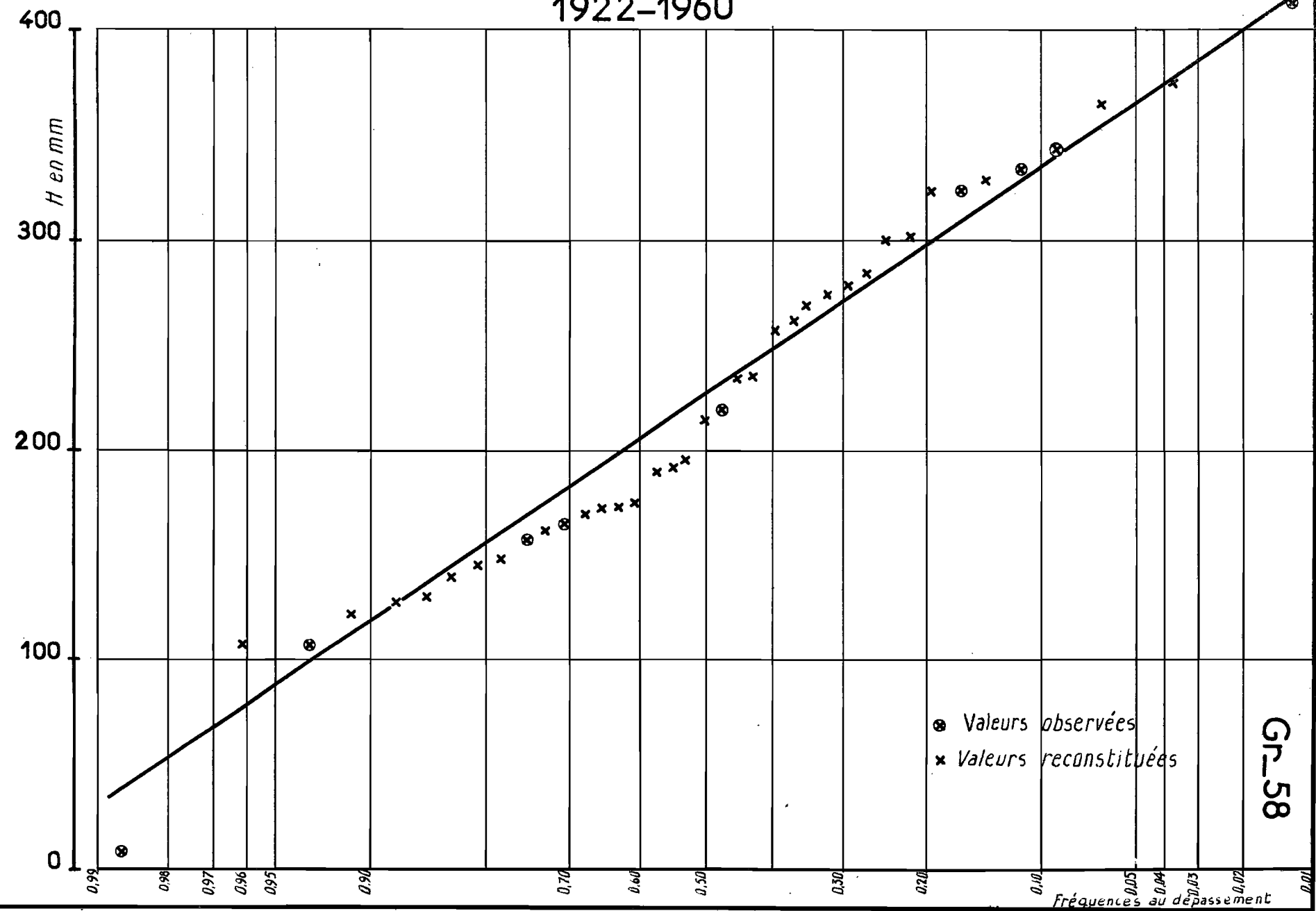
LAMES d'EAU CLASSEES d'APRES LEURS FREQUENCES
AU DEPASSEMENT
(OUEME à BETEROU)

H	F ₁ (x)
<u>413</u>	0,0128
<u>375</u>	0,0384
364	0,0641
<u>343</u>	0,0897
<u>333</u>	0,1153
330	0,1410
<u>324</u>	0,1666
324	0,1923
302	0,2179
301	0,2435
285	0,2692
279	0,2948
275	0,3205
270	0,3461
261	0,3717
258	0,3974
236	0,4230
234	0,4487
<u>220</u>	0,4743
<u>215</u>	0,5000
196	0,5256
192	0,5512
187	0,5769
176	0,6025
174	0,6282
173	0,6538
<u>171</u>	0,6794
<u>164</u>	0,7051
<u>162</u>	0,7307
<u>158</u>	0,7564
149	0,7820
147	0,8076
140	0,8333
131	0,8589
129	0,8846
123	0,9102
<u>107</u>	0,9358
<u>107</u>	0,9615
10	0,9872

Les valeurs soulignées sont les valeurs observées.

C R S T O N
 Ao
 DATE :
 DESSINÉ :
 DAH_141.063

L'OUÉMÉ A BÉTÉROU Distribution statistique des lames d'eau écoulées annuelles 1922-1960



Gr-58

On reporte les valeurs sur un graphique où les fréquences au dépassement sont des abscisses gaussiques. Avec une telle représentation, les points doivent s'aligner sensiblement suivant une droite si la loi est gaussique.

Cette hypothèse se vérifie ici pour les valeurs centrales et l'on peut admettre que les modules annuels suivent une loi de GAUSS entre les fréquences décennales sèches et humides, c'est-à-dire entre 0,9 et 0,1.

Cette loi est entièrement définie par la moyenne :

$$\bar{H} = \frac{\sum H_i}{N}$$

et l'écart type :

$$\sqrt{H} = \sqrt{\frac{\sum (H_i - \bar{H})^2}{N-1}}$$

Pour la période 1952-1960, pendant laquelle les valeurs ont été réellement observées, nous avons :

$$\begin{aligned} \bar{H} &= 231 \text{ mm} \\ \text{et } \sqrt{H} &= 131 \text{ mm} \end{aligned}$$

Pour la période 1922-1960, les nouveaux paramètres sont :

$$\begin{aligned} \bar{H} &= 224 \text{ mm} \\ \text{et } \sqrt{H} &= 83 \text{ mm} \end{aligned}$$

La nouvelle valeur de l'écart type n'a pas une signification aussi nette qu'on pourrait le croire sur la dispersion réelle des modules, étant donné que nous minimisons systématiquement tous les écarts par notre estimation des débits à partir des précipitations, mais l'ancien écart type de 131 mm était certainement surestimé puisque la période 1952-1960 contient à la fois des années très fortes et des années très faibles, alors que l'ancienne moyenne est voisine de la moyenne sur une longue période.

La nouvelle moyenne de la lame d'eau interannuelle, légèrement inférieure à celle de la période d'observation, est plus significative, l'intervalle de confiance à 95% se trouve certainement resserré bien que l'on ne puisse pas ici calculer le nombre k' d'années supposées observées.

On peut passer de la lame d'eau au module par :

$$Q = \frac{H \times S \text{ km}^2}{31,6 \times 10^3}$$

.../

On obtient ainsi un module interannuel estimé à $73,0 \text{ m}^3/\text{s}$.

Le module moyen pour 1952-1960 était avec $75,5 \text{ m}^3/\text{s}$ certainement surestimé, la pluviométrie de la dernière décade étant plus forte dans toute l'Afrique Occidentale (graphique 59).

Les fréquences décennales humides et sèches des lames d'eau annuelles écoulées, qui représentent raisonnablement les limites au-delà desquelles la loi de GAUSS n'est plus vérifiée, donnent :

$$F_{1(x)}^{0,1} = 345 \text{ mm, soit un module de } 113 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$F_{1(x)}^{0,9} = 120 \text{ mm, soit un module de } 39 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Nous estimerons la fréquence cinquantenaire humide du module à $140 \text{ m}^3/\text{s}$ (valeur un peu supérieure à celui de l'année 1955).

Nous donnerons comme ordre de grandeur $160 \text{ m}^3/\text{s}$ pour le module de fréquence centenaire. Pour la fréquence allant dans le sens de la sécheresse, l'année 1958, tout à fait exceptionnelle et dont le module est de très loin le plus faible de toute la série d'observation, représente peut-être la fréquence centenaire sèche. Cette remarque est valable pour l'ensemble des stations, car la sécheresse de 1958 est un phénomène général que l'on retrouve à ces latitudes dans le monde entier.

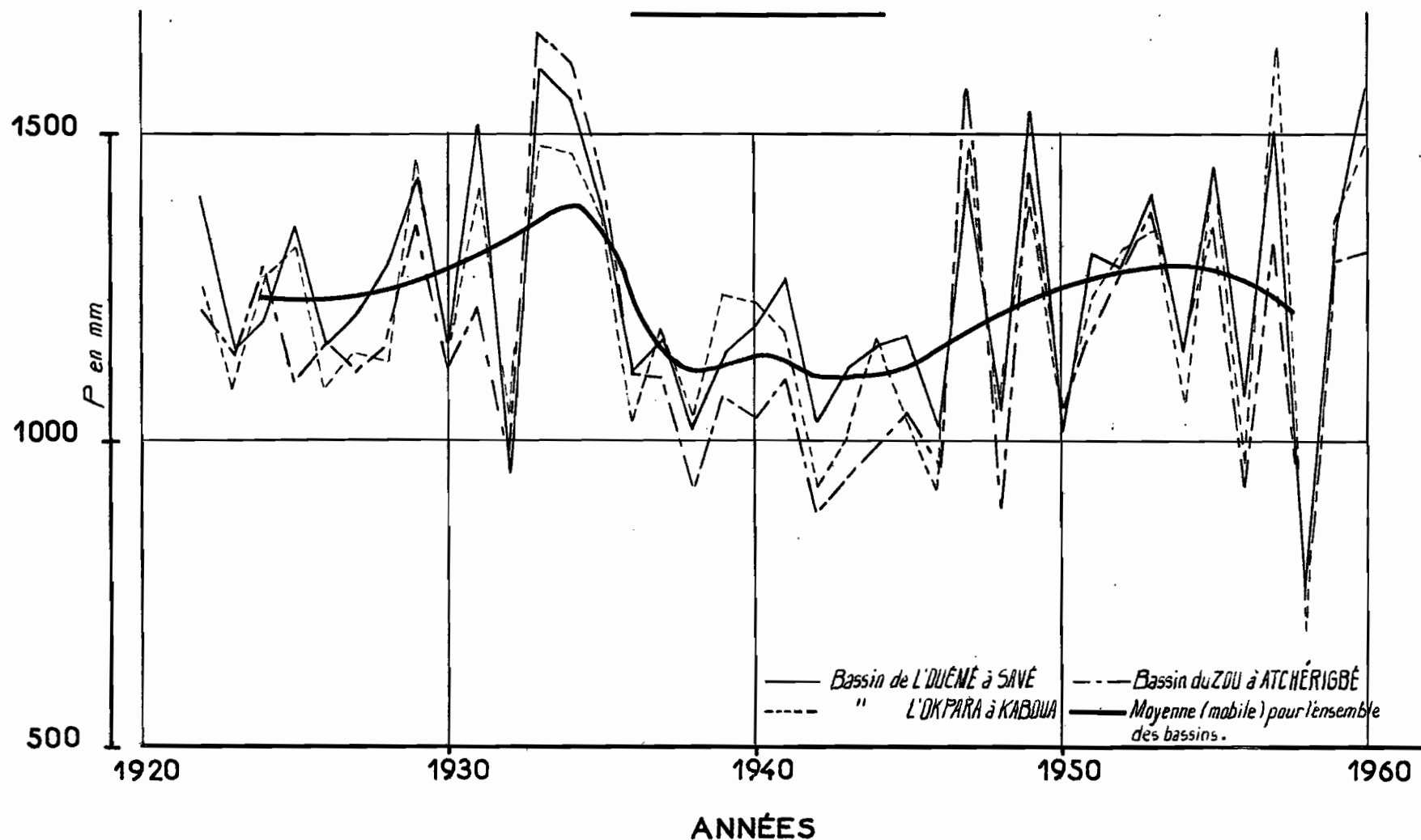
On sait que l'hydraulicité d'une année i est la valeur du rapport Q_i , c'est-à-dire que l'hydraulicité d'une année correspondant au module interannuel est égale à l'unité.

En année à fort écoulement, on observe des valeurs de l'ordre de 2 ; en année déficitaire, l'hydraulicité peut être parfois extrêmement faible : 0,04 seulement en 1958 !

L'irrégularité interannuelle, qui mesure l'amplitude des variations de ce rapport, peut être définie par le coefficient K_3 , rapport du module de fréquence décennale humide au module de fréquence décennale sèche. On obtient ici un K_3 de 2,9. Cette valeur est importante mais elle reste assez faible pour la variante dahoméenne du régime tropical de transition et les K_3 des autres bassins se-

Variations de la pluviométrie moyenne pendant la période 1922-1960

sur les bassins de L'OUÉMÉ SUPÉRIEUR



ront nettement plus élevés. Sur ce bassin, la pluviométrie moyenne, plus grande et la saison des pluies, sensiblement plus courte, permettent un écoulement plus régulier. Et il n'existe pas, excepté pour 1958, de modules annuels très faibles comme c'est le cas pour les autres bassins.

- Station de l'OUEME à SAVE

C'est la station la plus importante du bassin. Nous avons indiqué pour mémoire comment se placerait, sur le graphique 60, la relation $H = K (P - P_0)$ dont les paramètres ont été calculés par la méthode des moindres carrés, on constate qu'elle n'est d'aucun secours pour la reconstitution des modules. L'on a tracé en pointillé la relation parabolique pluies-débits.

Nous opérons comme précédemment en calculant d'abord les paramètres définissant I_p . Les données fournies par les stations pluviométriques ne nous permettent pas de calculer raisonnablement de pluviométries moyennes mensuelles au-delà de 1937.

Nous ne pourrions donc reconstituer les lames d'eau que de 15 années seulement (période 1937-1950)

TABLEAU XXXV

Années	Lames d'eau annuelles	1ère période			2ème période		
		H_1 mm	P_1 mm	K_1 %	H_2 mm	P_2 mm	K_2 %
1955	365	8,7	345	2,5	336	957	35,1
1957	334	11,1	379	2,9	296	911	32,4
1960	295	0,7	338	0,2	277	1010	27,4
1953	286	16	414	3,8	253	817	30,9
1951	194	0	269	0	161	875	18,4
1952	185	0,2	251	0,1	168	832	20,1
1959	157	0,5	215	0,2	149	990	15,0
1954	112	1,7	302	0,6	99	667	14,8
1956	68	0	225	0	65	593	10,9
1958	5	0	195	0	4	385	1,1

Nous traçons sur des graphiques les courbes $K_1 = f(P_1)$, $K_2 = f(P_2)$ et ΔK_2 ou $K_3 = f(P_1)$ et nous calculons l'indice I_p .

Nous avons donné à la relation $H = f(I_p)$, une forme linéaire, dans un esprit de simplification ne connaissant pas la nature exacte de cette relation.

.../

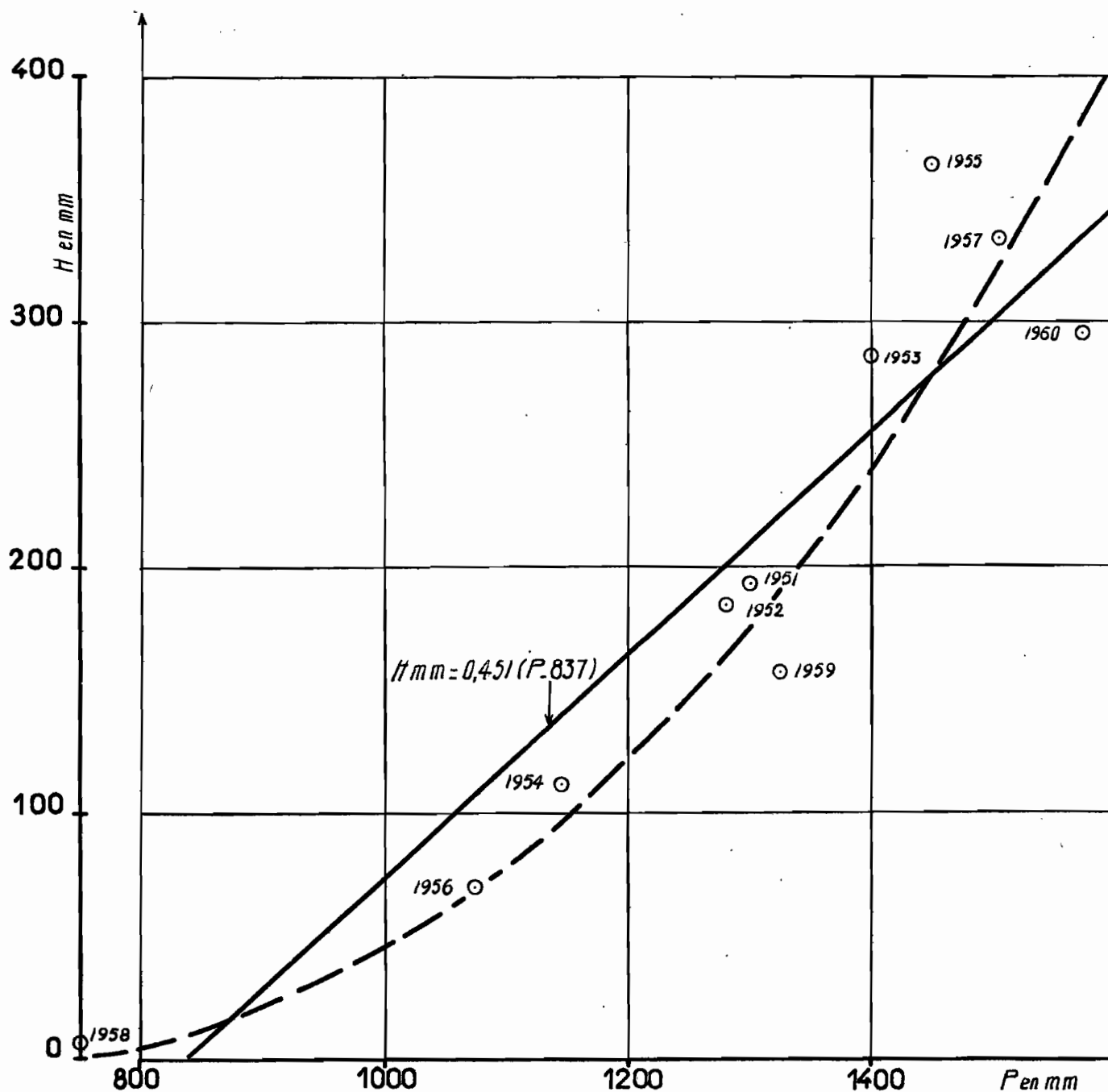
TABLEAU XXXVI

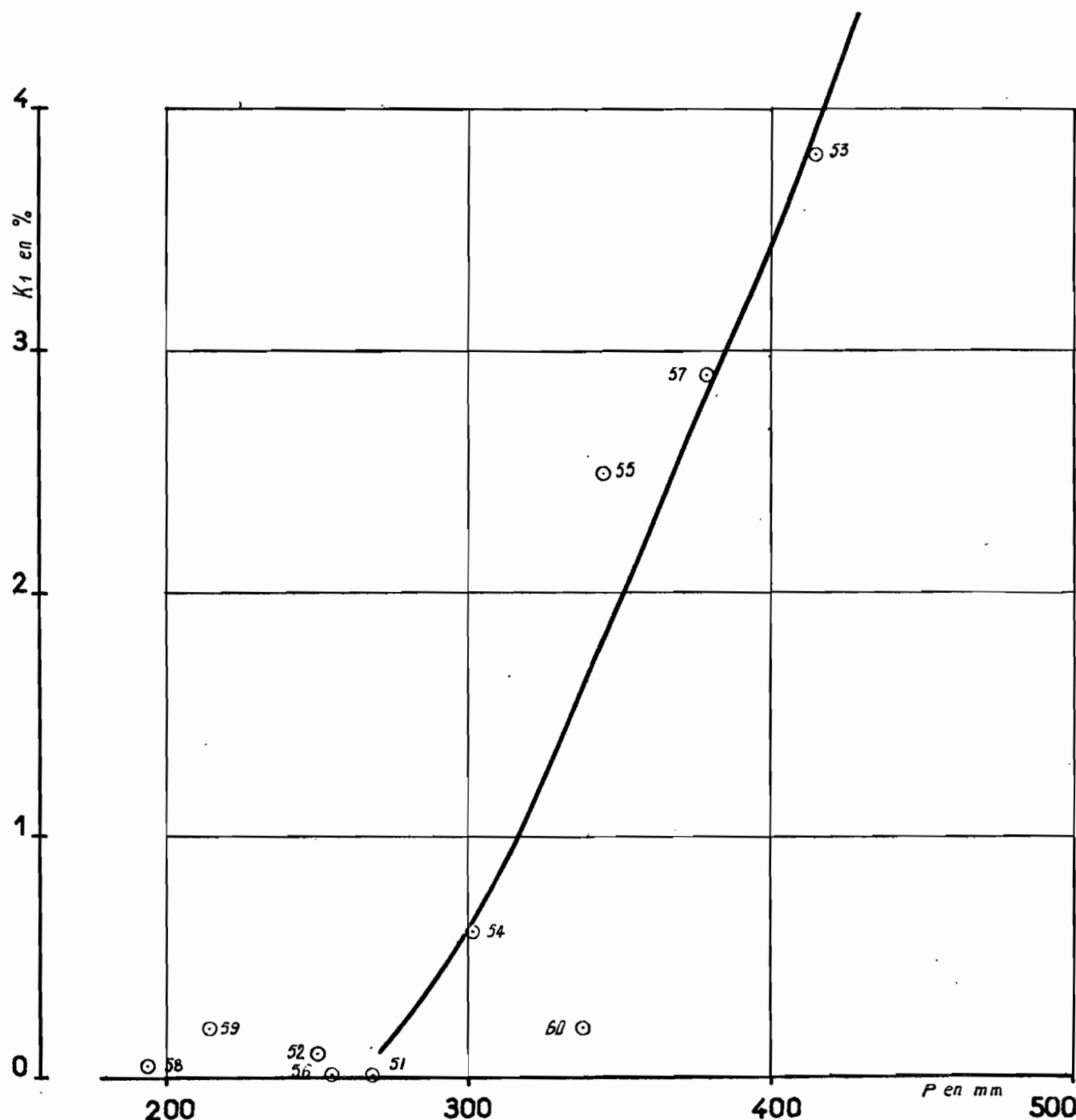
CALCUL de L'INDICE I_p (OUENE à SAVE)

	K_1 P_1	K_2 P_2	K_3 P_2	I_p
I955	6	236	+ 65	307
I957	10	207	+ 88	305
I960	5	266	+ 56	327
I953	14	155	+107	276
I951	0	183	- 10	173
I952	0	158	- 23	135
I959	0	252	- 68	184
I954	2	96	+ 12	110
I956	0	69	- 14	55
I958	0	22	- 33	<u>Σ</u>

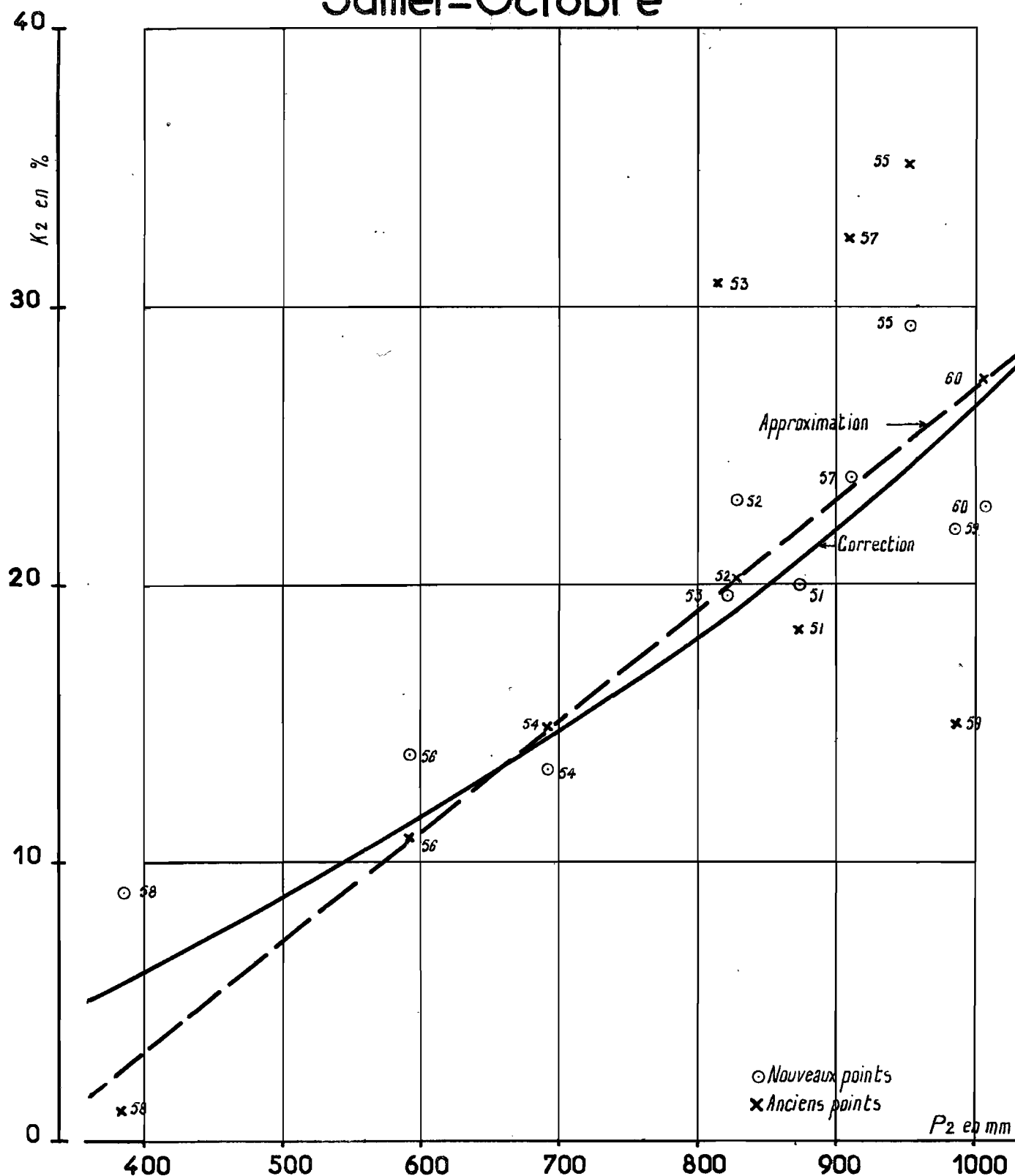
.../

Corrélation Pluies - Lames d'eau écoulées à SAVÉ

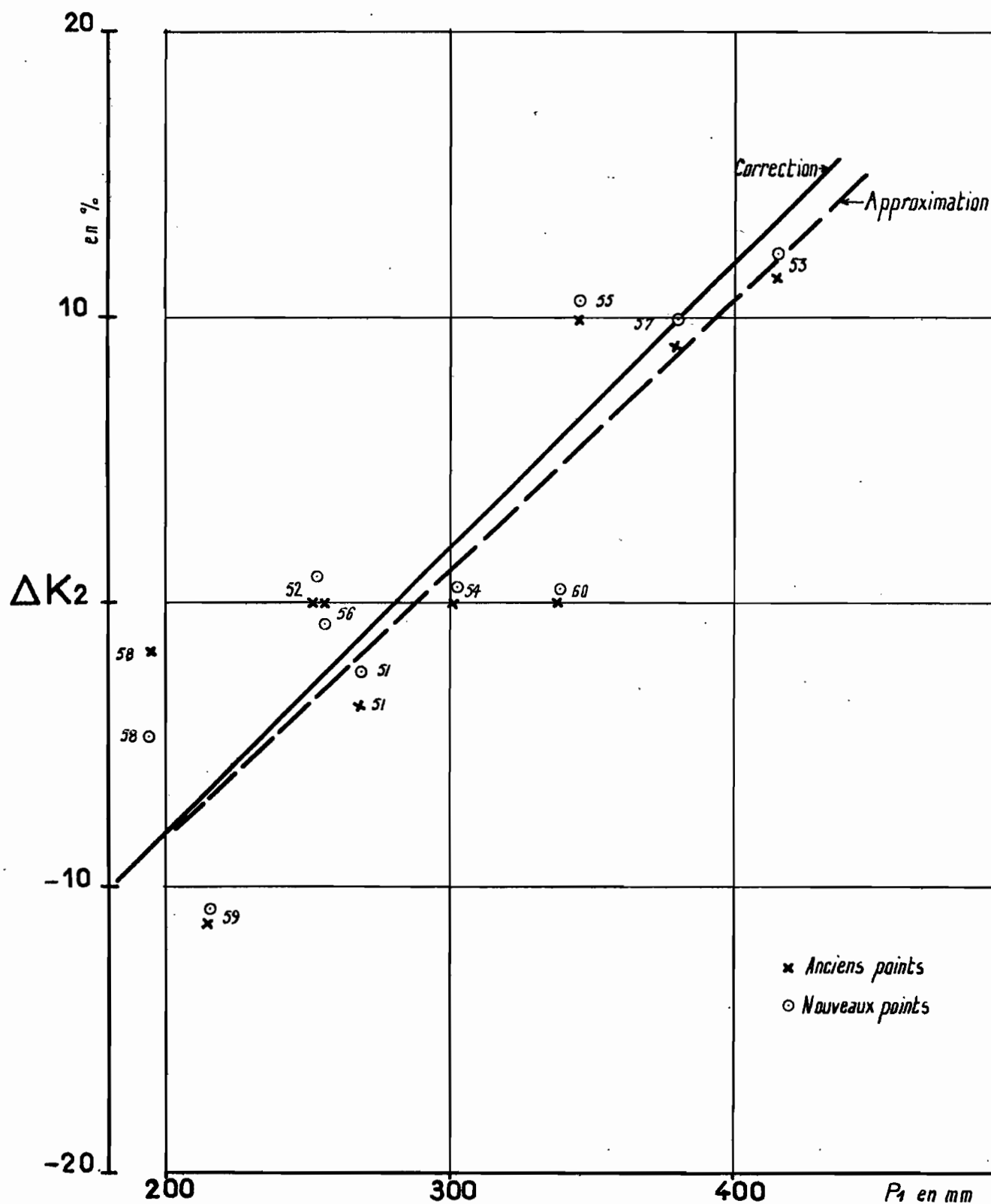


L'OUÉMÉ A SAVÉRelation $K_1 = f(P_1)$ pour la période Mai Juin

Relation $K_2=f(P_2)$ pour la période Juillet-Octobre

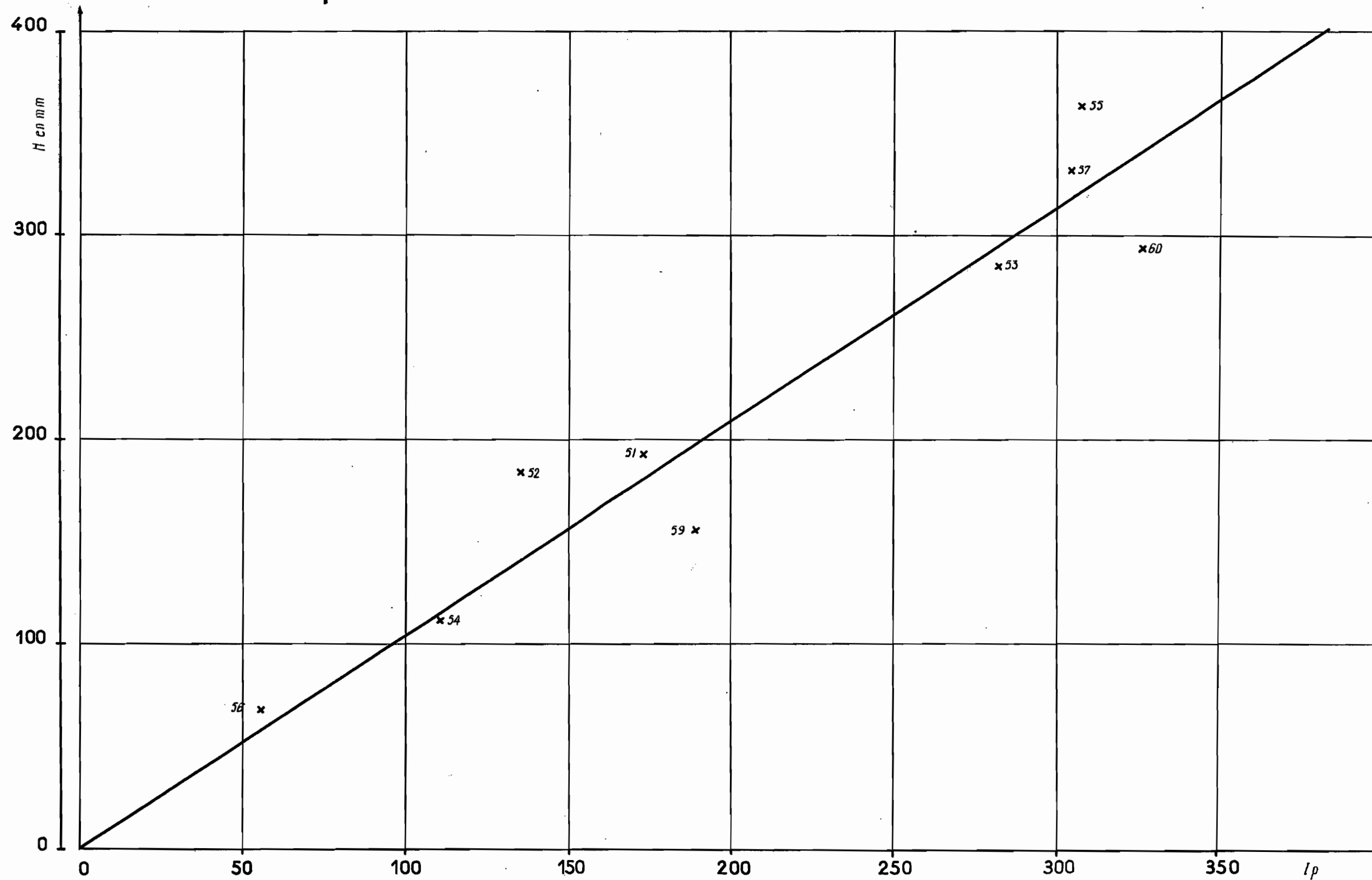


Relation $\Delta K_2 = f(P_1)$



Gr_64

L'OUÉMÉ A SAVÉ
Corrélation H-lp



CRISTOM

A0

DATE 10-4-1963

DESSINE Gallienne J.

DAH_141069

TABLERAU XXXVII

VALEURS de I_p et H pour la PERIODE 1937-1950

(OUMTE à SAVE)

Années	Pluviométrie moyenne		I_p	H mm
	Mai-Juin	Juillet Octobre		
1950	295	578	70	73
1949	294	124	371	388
1948	262	585	61	63
1947	336	879	208	217
1946	262	695	95	99
1945	296	785	142	148
1944	273	652	86	90
1943	366	646	125	130
1942	266	658	87	91
1941	398	696	162	170
1940	281	753	125	130
1939	3723	638	122	127
1938	327	559	76	79
1937	198	864	161	168

.../

Les lames d'eau observées ou calculées sont alors classées d'après leur fréquence au dépassement.

<u>H</u>	<u>F₁(x)</u>	<u>H</u>	<u>F₁(x)</u>
388	0,021	130	0,520
365	0,063	130	0,563
334	0,104	127	0,604
295	0,146	112	0,645
286	0,188	99	0,687
217	0,229	91	0,729
194	0,271	90	0,770
185	0,313	79	0,812
170	0,354	73	0,854
168	0,396	68	0,895
157	0,438	63	0,937
148	0,479	5	0,979

Les valeurs soulignées sont les valeurs observées.

La distribution statistique des lames d'eau classées nous montre qu'il serait illusoire, avec un échantillonnage aussi réduit, de procéder à un ajustement gaussique (graphique 65).

La période 1940-1950, relativement sèche (excepté 1949), donne des lames d'eau systématiquement faibles, amenant une absence de valeurs proches de la moyenne qui seraient à chercher probablement dans la décade précédente nettement plus arrosée (graphique 59).

En conséquence, le module interannuel, calculé sur cet ensemble de 25 valeurs, donnera certainement une sous-estimation du module interannuel vrai.

Pour la durée des observations effectuées de 1951 à 1960, nous avons :

- une lame d'eau moyenne de 260 mm correspondant à 150 m³/s,
- et un écart type de 118,8 mm

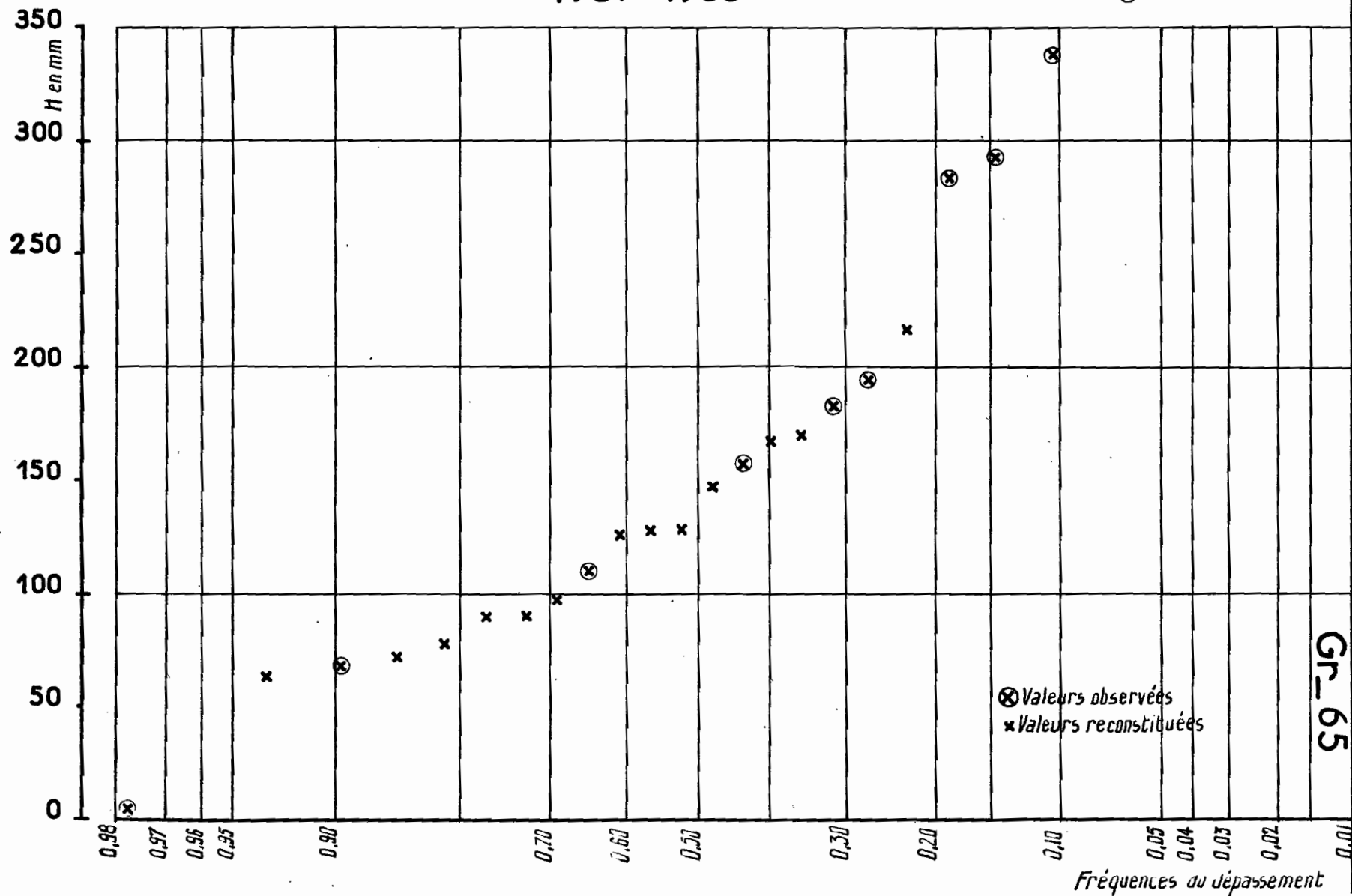
Pour 1937-1960, la lame d'eau annuelle moyenne ne serait que de 167 mm, c'est-à-dire un module de 125 m³/s. Ceci est dû à la série d'années faibles situées entre 1940 et 1950.

.../

L'OUËMÉ A SAVÉ

Distribution statistique des lames d'eau écoulées annuelles

1937-1960



CRS 101

AO

DATE: 18-4-1963

DESSINÉ: G. L. J.

DAH-141070

Nous pouvons cependant essayer de trouver une valeur approchée du module interannuel à SAVE pour la période 1922-60, en étudiant la corrélation lames d'eau écoulées BETEROU-SAVE, pour la période commune 1952-60, avec :

$$\begin{aligned} \bar{X} & \text{ moyenne des lames d'eau à BETEROU} \\ \bar{Y} & \text{ moyenne des lames d'eau à SAVE} \\ \sigma_X & \text{ écart type à BETEROU} \\ \sigma_Y & \text{ écart type à SAVE} \\ \text{et } r & \text{ le coefficient de corrélation} \\ r & = \frac{1}{k} \frac{\sum (X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sigma_X \cdot \sigma_Y} \end{aligned}$$

nous avons :

$$\begin{aligned} \bar{X} & = 231 \\ \bar{Y} & = 201 \\ \sigma_X & = 131,0 \\ \sigma_Y & = 125,9 \end{aligned}$$

Ce qui nous donne $r = 0,88$, c'est-à-dire une corrélation assez bonne.

Calculons les rapports des lames d'eau moyennes à ces 2 stations entre la période commune (1952-60) et la période de 1937-60.

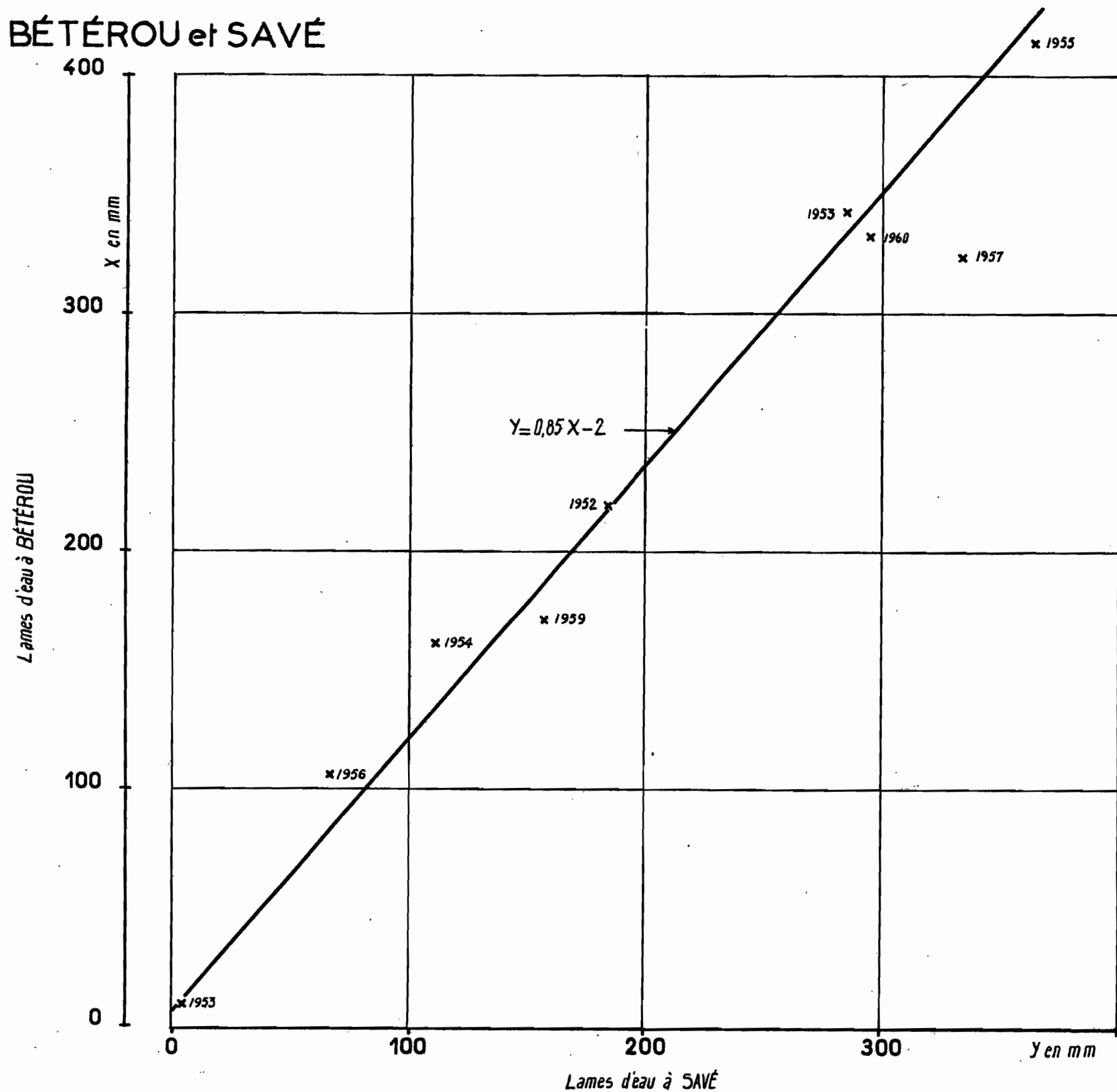
Nous avons à BETEROU $\frac{231}{207} = 1,12$ et à SAVE $\frac{200}{167} = 1,19$ soit des valeurs assez proches l'une de l'autre. On peut donc supposer que les rapports seraient les mêmes pour les rapports entre la période 1952-1960 et la période de 39 ans.

A BETEROU, le rapport de la lame d'eau interannuelle de la durée d'observation à la lame d'eau interannuelle de la période de 39 années est $\frac{231}{224} = 1,03$.

Il en résulte donc à SAVE une lame d'eau interannuelle de l'ordre de 190 mm, soit un module interannuel de $142 \text{ m}^3/\text{s}$ ce qui tend à confirmer que la valeur $125 \text{ m}^3/\text{s}$ trouvée plus haut est trop faible. Nous adopterons en définitive $140 \text{ m}^3/\text{s}$.

.../

Corrélation lames d'eau écoulées Gr₆₆ entre BÉTÉROU et SAVÉ



Les lames d'eau de fréquences décennales humides et sèches sont estimées, d'après le tableau des lames d'eau classées de 1937 à 1960, à :

- pour $F_1(x) = 0,1$: 340 mm, soit un module de $250 \text{ m}^3/\text{s}$
- pour $F_1(x) = 0,9$: 70 mm

Mais il semble que la reconstitution des modules, dans le cas de la station de SAVE, conduise pour les années sèches à des lames d'eau un peu trop fortes, on le verra plus loin en ce qui concerne 1950. On prendra, en définitive, pour la fréquence 90%, une lame d'eau de 50 mm, soit la lame d'eau de 1950 calculée à partir des relevés hebdomadaires, ce qui conduit à un débit de $37 \text{ m}^3/\text{s}$.

Il existe, pour la station de SAVE, des relevés limnimétriques hebdomadaires qui ont été effectués en période de hautes eaux de 1942 à 1950. Les premières années sont très douteuses : les lames d'eau reconstituées à partir de ces documents sont nettement trop fortes, même pour une corrélation pluies-débits très lâche ; par contre, les relevés de 1949 et 1950 semblent plus exacts, nous aurions d'après eux :

pour 1949	H = 430 mm
et pour 1950	H = 55 mm

La relation $H - I_p$ donne de son côté :

H = 388 mm
et H = 73 mm.

Les écarts existant entre les valeurs observées et calculées semblent assez importants, mais il ne faut pas oublier que l'on s'attache moins à essayer de reconstituer le plus exactement possible une lame d'eau annuelle quelconque mais davantage à évaluer un ensemble de modules permettant de calculer la lame d'eau interannuelle probable, c'est-à-dire que, seule, la valeur moyenne nous intéresse ici. Toute méthode de corrélation, en minimisant les écarts, réduit systématiquement les valeurs extrêmes d'où la sous-estimation de l'écart type bien visible dans les exemples de 1949 et 1950 alors que la moyenne n'est pas altérée.

.../

La lame d'eau de 1949 (la plus forte observée avec une crue exceptionnelle relevée par un témoin sûr) doit donner sensiblement la valeur de la fréquence cinquantenaire humide, soit $F_{1(x)}^{0,02} = \underline{430 \text{ mm}}$, soit un module de $\underline{320 \text{ m}^3/\text{s}}$.

L'hydraulicité, pendant la période 1949-1960, varie de 2,25 en 1949 à 0,03 seulement en 1958.

L'irrégularité interannuelle, représentée par K_3 , est ici voisine de 7, l'irrégularité est donc plus forte qu'à BETEROU, malgré la grande superficie du bassin, et elle ne fera que croître en allant vers le Sud, le maximum étant atteint par le ZOU à ATCHERIGBE.

- Station du ZOU à ATCHERIGBE

A cette station, le report sur un graphique de chaque point représentant la lame d'eau écoulée en fonction de la hauteur de précipitation annuelle, semble indiquer une relation nettement parabolique entre ces deux facteurs. Mais on constate immédiatement qu'il serait illusoire de reconstituer les lames d'eau annuelles non observées à partir d'un ajustement graphique même parabolique : en effet une pluviométrie moyenne annuelle de 1300 mm, comme c'est le cas pour les années 1959 et 1957, peut donner respectivement des lames d'eau de 60 et de 270 mm, c'est-à-dire variant du simple au quadruple.

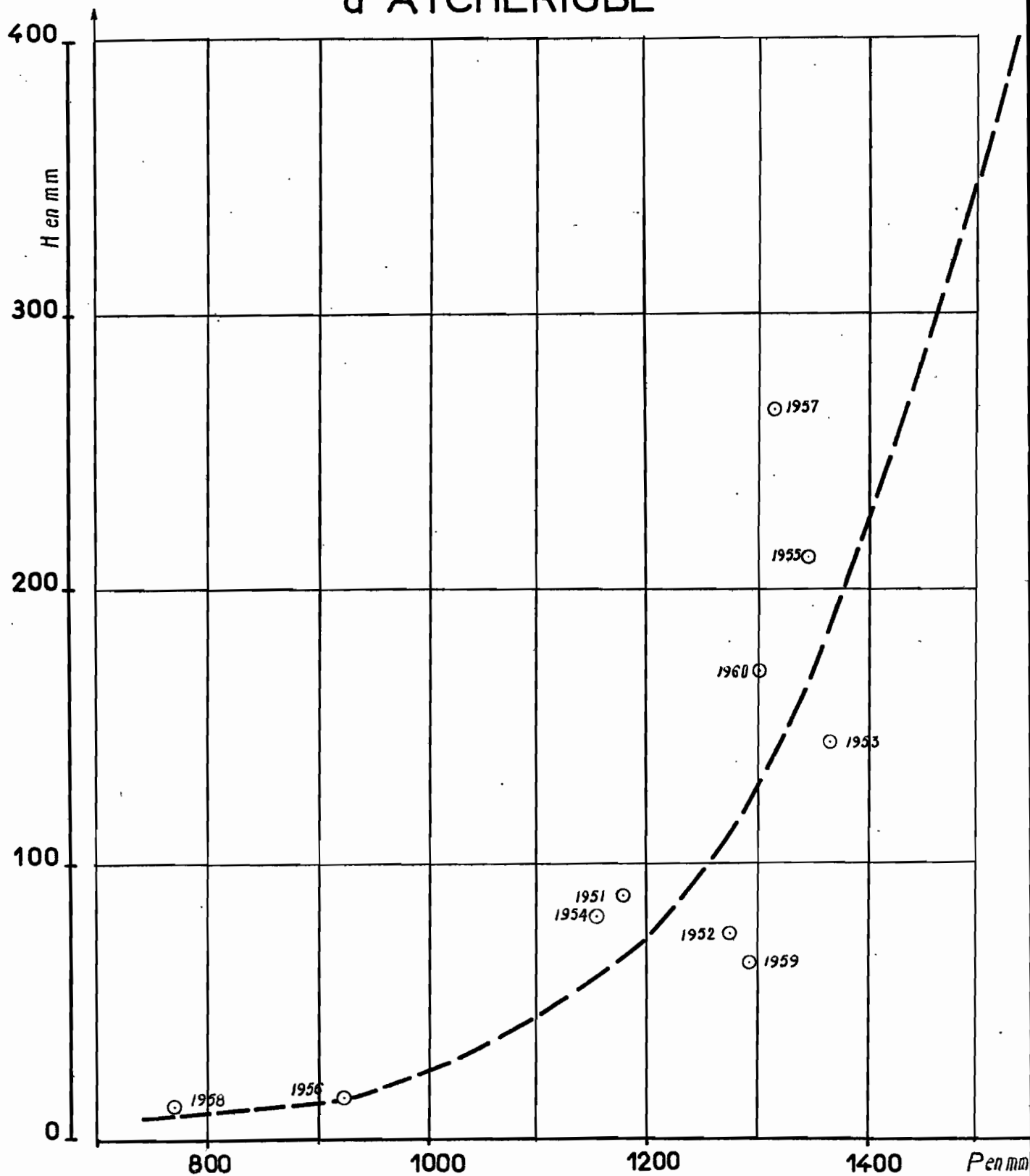
Ainsi, ce n'est pas tant la valeur annuelle de l'ensemble des précipitations que la répartition de celles-ci au cours de la saison des pluies qui intervient dans la quantité d'eau écoulée annuellement.

Voici, à titre d'exemple, les précipitations et écoulements moyens mensuels exprimés en mm, d'Avril à Novembre, pour ces 2 années :

.../

Gr_67

Corrélation Pluies Lames d'eau écoulées à ATCHÉRIGBÉ



Année	A	M	J	J	A	S	O	N	Total annuel
I957	P: 80	230	170	120	150	220	110	100	I 320
	H: -	23	34	46	27	76	42	11	266
I959	P: 160	150	100	200	85	215	140	30	I 295
	H: -	1,5	-	9	3	26	22	-	64

Il est certain que, même ainsi, en considérant simplement des précipitations moyennes mensuelles, nous ne faisons qu'une approximation grossière car pour une même valeur mensuelle, l'écoulement observé sera bien différent suivant que la hauteur de précipitation mensuelle correspond à de faibles pluies réparties sur tout le mois, ou de fortes pluies concentrées en quelques jours.

Ces réserves étant faites, nous voyons qu'en I957, année ayant la plus forte lame d'eau observée, les pluies importantes du mois de Mai permettent une reprise notable de l'écoulement qui se renforce au mois de Juin, se maintient malgré les valeurs relativement moyennes de Juillet et Août, et atteint son maximum en Septembre (mois non seulement très arrosé, avec 220 mm, mais aux pluies également bien groupées).

En I959, par contre, les tornades dispersées d'Avril ne donnent lieu à aucun écoulement et les mois de Mai et Juin sont faiblement arrosés, le débit reste insignifiant ; les fortes précipitations de Juillet rencontrent des conditions défavorables, le sol n'étant pas saturé ; dans ces conditions, le mois d'Août, très déficitaire, accentue la petite saison sèche qui rappelle le climat équatorial de transition. Le mois de Septembre, bien qu'ayant une pluviométrie sensiblement égale à celle de 1957, ne produit qu'un écoulement moyen, les pluies étant mal réparties et le ZOU ayant un débit très faible au moment où elles se produisent.

On n'observe donc, en définitive, qu'une lame d'eau écoulée modeste malgré des précipitations qui égalent presque celles de I957.

.../

Pour le calcul de l'indice pluviométrique, nous avons pris, comme précédemment, 2 périodes, l'une englobant Mai et Juin, l'autre groupant les mois de Juillet à Octobre.

Reconstituées ainsi de façon très approximative, les lames d'eau de la période antérieure aux observations hydrométriques nous permettront cependant d'obtenir très certainement une bien meilleure évaluation du module interannuel que par l'application de la simple corrélation pluviométrie moyenne - lame d'eau écoulée moyenne.

TABLEAU XXXVIII

Années	Lames d'eau annuelles	1ère période			2ème période		
		H ₁ mm	P ₁ mm	K ₁ %	H ₂ mm	P ₂ mm	K ₂ %
1957	266	57	400	14,2	191	600	31,8
1955	211	10,3	395	2,6	192	725	26,4
1960	170	3,2	365	0,9	154	620	24,8
1953	144	12,8	359	4,9	124	682	18,1
1951	88	4,1	260	1,6	52	714	7,3
1954	81	10,7	302	3,5	61	470	13,0
1952	75	0,2	247	0,1	69	804	8,5
1959	64	1,6	250	0,6	60	640	9,4
1956	15	1,1	202	0,5	12	419	2,8
1958	12	8,1	253	3,2	1,1	220	0,5

Les courbes obtenues graphiquement nous permettent de calculer l'indice I_p . Nous n'avons fait aucune correction pour les années 1956 et 1958, les valeurs trouvées étant déjà très faibles.

.../

TABLEAU XXXIX

CALCUL de l'INDICE PLUVIOMETRIQUE I_p

(ZOU à ATCHERIGBE)

Années	K_1	P_1	K_2	P_2	K_3	P_2	I_p
I957	24		69		+ 72		I65
I955	22		I33		+ 79		234
I960	I5		74		+ 56		I45
I953	I0		I05		- 23		92
I95I	3		I20		- 25		98
I954	6		27		+ I2		45
I952	3		I8I		- 56		I28
I959	3		83		- 30		56
I956	I		2I		-		22
I958	3		2		-		5

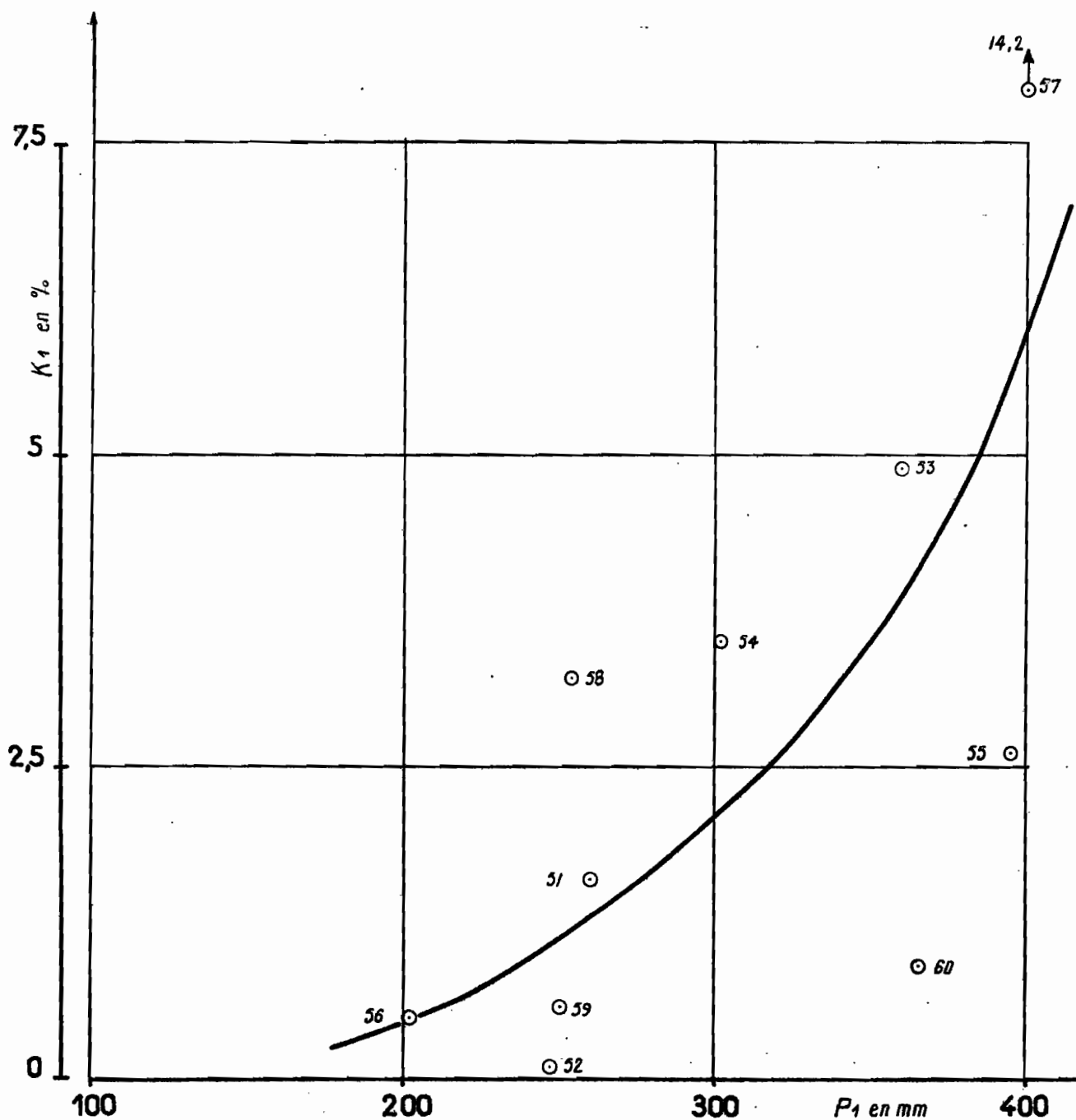
Les valeurs de I_p en fonction de H , reportées sur un graphique, donnent des points assez dispersés. Nous avons choisi un ajustement graphique linéaire, passant entre les points, répartissant ainsi les écarts.

.../

LE ZOU A ATCHÉRIGBÉ

Gr_68
(A)

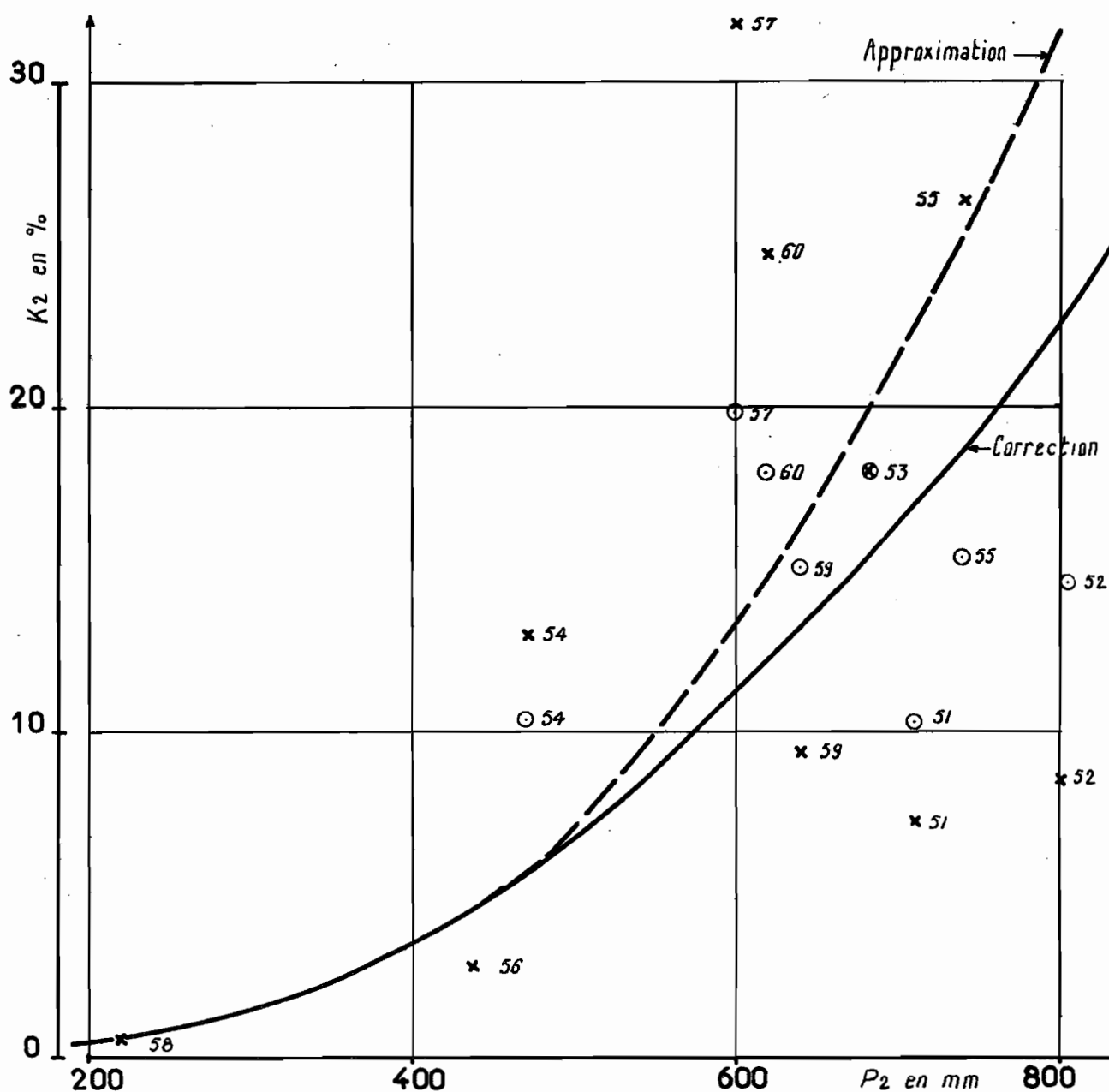
Relation $K_1=f(P_1)$ pour la période Mai Juin



Gr_69
(B)

LE ZOU A ATCHÉRIGBÉ

Relation $K_2=f(P_2)$ pour la période
Juillet-Octobre

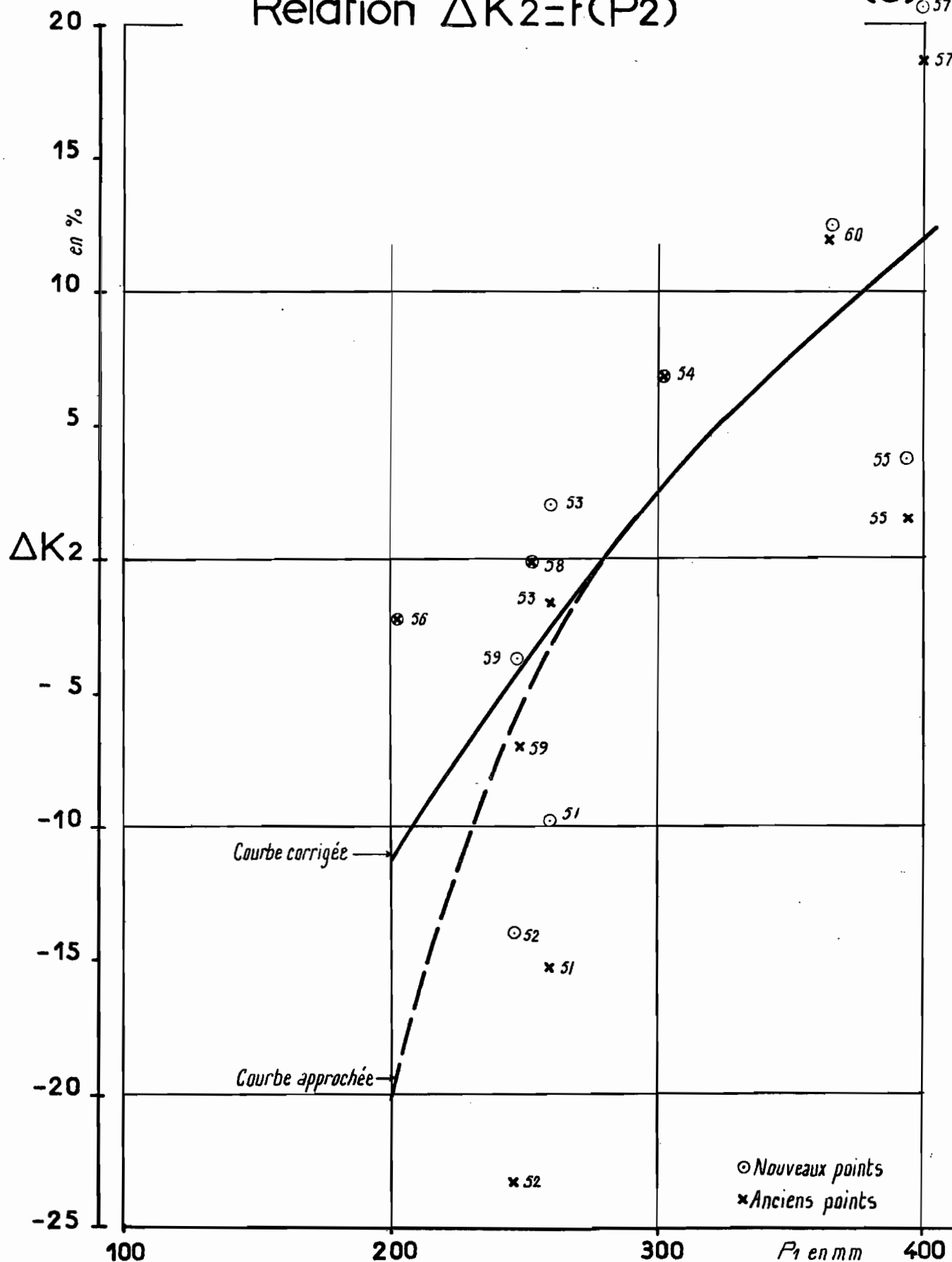


LE ZOU A ATCHÉRIGBÉ

Gr_70

Relation $\Delta K_2 = f(P_2)$

(C) 57



Gr_71

LE ZOU A ATCHÉRIGBÉ
Corrélation H-lp

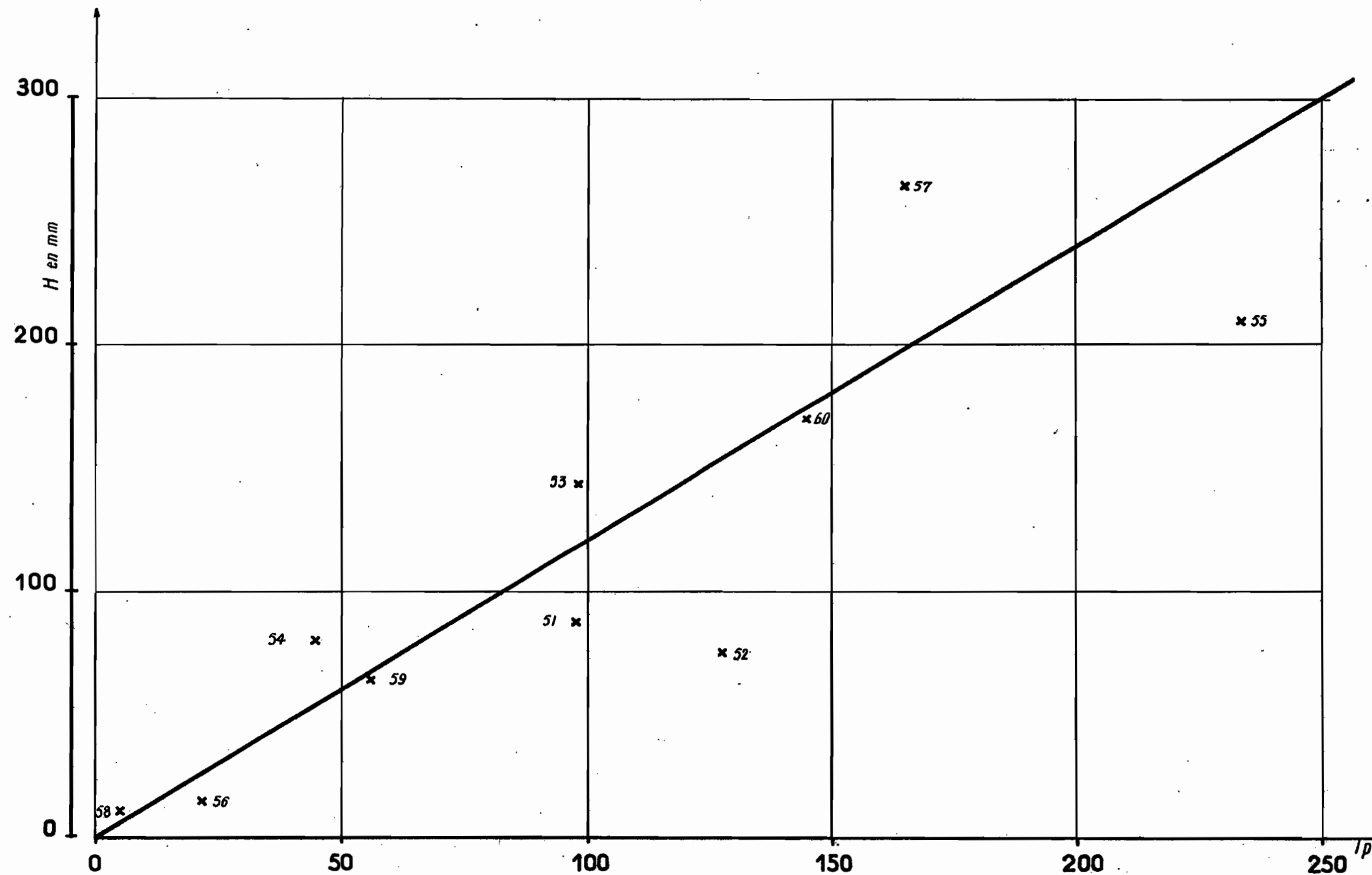


TABLEAU XL

VALEURS DE I_p et de H pour la PERIODE 1942-1950

(ZOU à ATCHERIGBE)

Années	Pluviométrie moyenne:		I_p	H mm
	Mai-Juin	Juillet Octobre		
1950	396	396	75	91
1949	316	933	336	342
1948	217	280	4	5
1947	332	961	382	406
1946	235	436	22	26
1945	186	667	18	21
1944	243	684	77	94
1943	242	372	13	16
1942	319	528	74	90

La valeur de la lame d'eau écoulée pour 1949 est forte, mais plausible, cette année voyant de forts écoulements sur tous les bassins. Celle de 1947, par contre, semble exagérée, malgré une pluviométrie moyenne de 1 560 mm.

Le nombre d'années que l'on peut reconstituer est faible. L'échantillon de 19 valeurs dont nous disposons finalement est insuffisant et ne suit absolument pas une loi de GAUSS. La moyenne $\bar{H}$, obtenue arithmétiquement, pour la période (1942-60) donne 116,5 mm contre 112,5 mm pour la période d'ob-

.../

servation (1951-60), sa valeur légèrement plus élevée étant due aux 2 années exceptionnelles 1949 et 1947. Elle correspond à un module interannuel de 25,6 m³/s contre 24,8 m³/s pour les dix années observées. Nous évaluons, faute de mieux, le module à 25 m³/s malgré les incertitudes que cette estimation comporte.

Nous donnerons aux modules de fréquences décennales humides et sèches, les valeurs suivantes :

$$F_1(x) \ 0,1 = 60 \text{ m}^3/\text{s} \qquad F_1(x) \ 0,9 = 3 \text{ m}^3/\text{s}$$

Le plus fort module observé, en 1957, étant de 58,5 m³/s, nous irons donc dans le sens de la sécurité puisque la dernière décade a été très arrosée en moyenne.

A titre indicatif, nous estimerons comme fréquence humide plus faibles :

$$\text{Fréquence cinquantenaire } F_1(x) \ 0,02 = 90 \text{ m}^3/\text{s}$$

L'hydraulicité de la période d'observation varie de 2,34 en 1957 à 0,10 en 1958 (valeur plus élevée qu'aux autres stations ; mais on enregistre, assez souvent par contre à ATCHERIGBE, de faibles hydraulicités de cet ordre = 0,13 en 1956).

L'irrégularité interannuelle est représentée par un K_3 égal à 20. Cette valeur est remarquablement élevée.

- Station de l'OKPARA à KABOU.

C'est la seule station où une corrélation linéaire pluies-débits, que nous mettrons sous la forme $H = K (P - P_0)$ s'avère satisfaisante. Disposant de 39 années d'observations pluviométriques, nous la préférons à la corrélation $H - I_p$ puisqu'on ne pourrait avec cette dernière méthode, remonter au-delà de 1937.

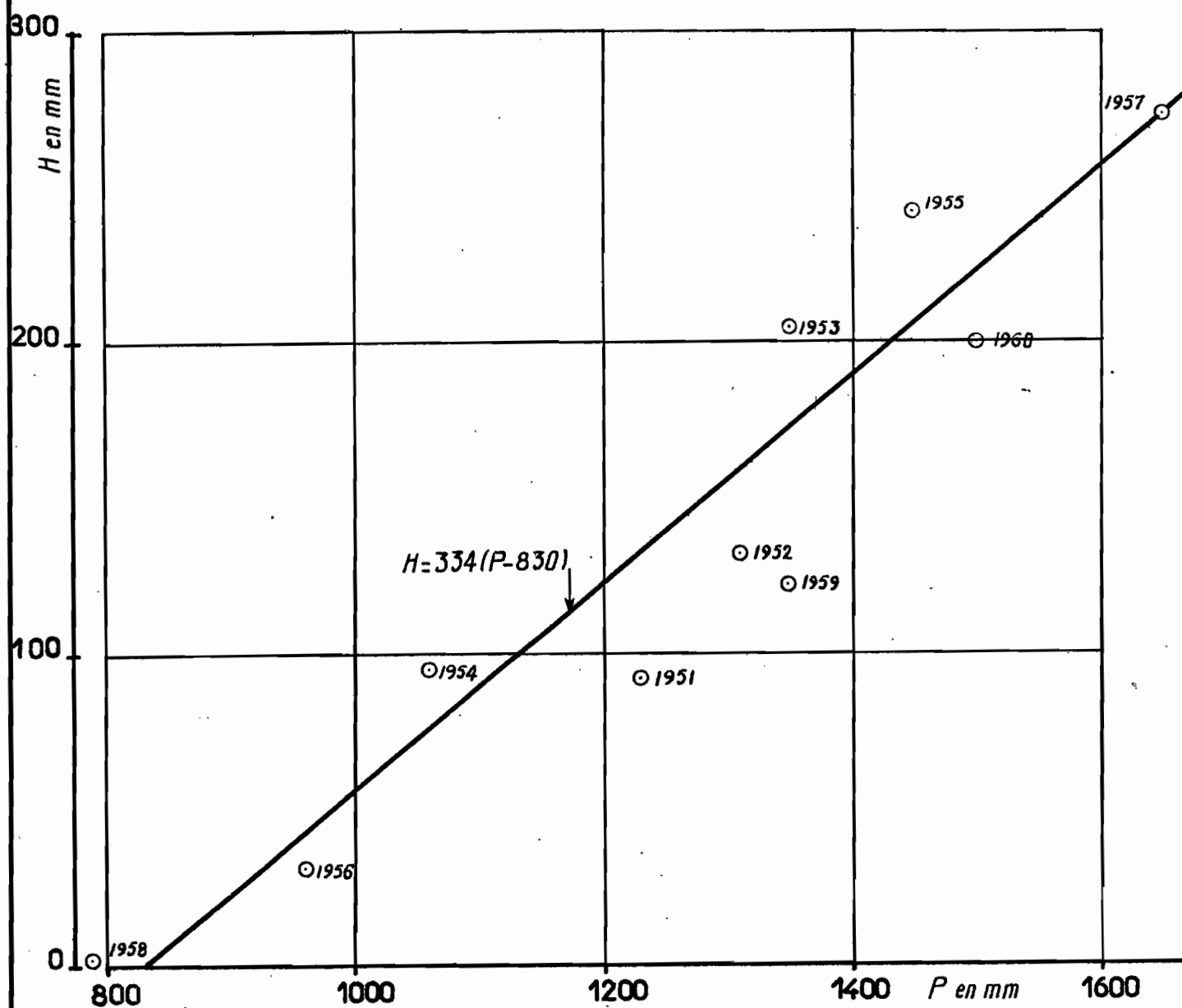
H désigne la lame d'eau annuelle écoulée (en mm) et P la pluviométrie moyenne de l'année (en mm également).

Les valeurs des pluviométries moyennes annuelles ont pu être calculées à partir de réseaux d'isohyètes annuelles tracés de 1922 à 1960.

.../

Corrélation Pluies_Lames d'eau écoulées

à KABOUA



On admet que les écarts entre valeurs calculées et valeurs réelles sont distribués suivant la loi normale des erreurs. L'estimation "au mieux" des paramètres peut se faire par la méthode des moindres carrés.

Les valeurs des paramètres sont alors données pour chaque bassin par les équations :

$$K = \frac{\sum H_i P_i - \frac{1}{n} \sum H_i \sum P_i}{\sum P_i^2 - \frac{(\sum P_i)^2}{n}}$$

$$P_0 = \frac{\sum P_i}{n} - \frac{1}{K} \frac{\sum H_i}{n}$$

le couple (H_i, P_i) désigne la lame d'eau et la pluviométrie concomitante pour une année quelconque. Les calculs sont étendus à l'ensemble des années d'observations simultanées des pluies et des débits (1951 à 1960), n désigne le nombre de ces années, dans le cas présent $n = 10$.

Il serait inutile d'essayer de donner une signification physique aux paramètres K et P_0 puisque, même ici, la relation correcte entre pluies moyennes et lames d'eau écoulées ne doit pas être tout à fait linéaire. Le coefficient K semble être lié à la pente moyenne du bassin suivant les études effectuées pour l'établissement de la monographie du NIGER. Le coefficient P_0 , quant à lui, n'indique surtout pas la valeur pluviométrique en-dessous de laquelle il ne se produit aucun écoulement.

La formule de corrélation calculée donne

$$H = 334 (P - 830)$$

d'après les H_i et P_i suivants :

.../

TABIEAU XLI

(OKPARA à KABOUA)

Années	Pluviométrie moyenne P_i	Lame d'eau écou- lée H_i
I960	I 500	I99
I959	I 350	I22
I958	790	2
I957	I 650	273
I956	960	3I
I955	I 450	24I
I954	I 060	95
I953	I 350	205
I952	I 3I0	I32
I95I	I 230	92

Nous pouvons alors reconstituer les lames d'eau écoulées annuelles de la période I922-I950 d'après les pluviométries moyennes annuelles correspondantes :

TABIEAU XLII

(OKPARA à KABOUA)

Années	Pluviométrie moyenne	Lame d'eau écoulée
I950	I 040	70
I949	I 390	I86
I948	I 030	66
I947	I 485	2I8
I946	905	25
I945	I 030	66
I944	I I60	I08

.../

TABLEAU XLII(suite)

(OKPARA à KABOUA)

Années	Pluviométrie moyenne	Lame d'eau écoulée
I943	I 000	56
I942	925	32
I94I	I I70	II2
I940	I 225	I3I
I939	I 235	I34
I938	I 040	70
I937	I I85	II8
I936	I 025	64
I935	I 355	I75
I934	I 470	2I4
I933	I 480	2I7
I932	I 035	68
I93I	I 420	I96
I930	I I50	I06
I929	I 450	206
I928	I I25	98
I927	I I40	I03
I926	I 080	84
I925	I 3I5	I6I
I924	I 265	I44
I923	I 080	83
I922	I 250	I40

Les 39 valeurs ainsi observées ou calculées sont alors classées suivant leur fréquence au dépassement afin d'étudier leur distribution statistique.

.../

TABLEAU XLIIILAMES D'EAU CLASSEES d'APRES leurs FREQUENCESAU DEPASSEMENT

(OKPARA à KABOUA)

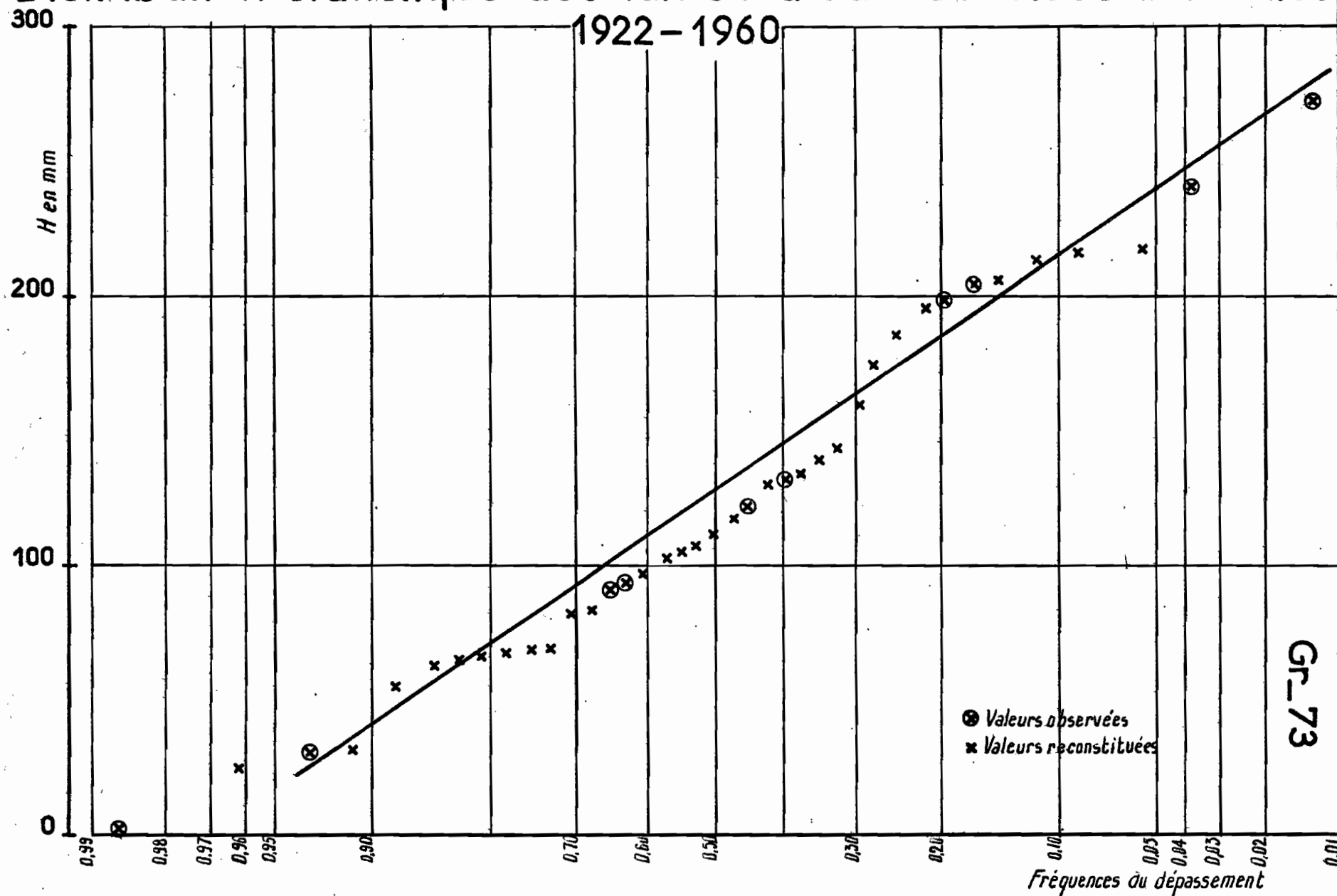
H	F ₁ (x)
273	0,0128
<u>241</u>	0,0384
<u>218</u>	0,0641
217	0,0897
214	0,1153
206	0,1410
<u>205</u>	0,1666
<u>199</u>	0,1923
<u>196</u>	0,2179
186	0,2435
175	0,2692
161	0,2948
144	0,3205
140	0,3461
134	0,3717
<u>132</u>	0,3974
<u>131</u>	0,4230
<u>122</u>	0,4487
<u>118</u>	0,4743
112	0,5000
108	0,5256
106	0,5512
103	0,5769
98	0,6025
<u>95</u>	0,6282
<u>92</u>	0,6538
<u>84</u>	0,6794
83	0,7051
70	0,7307
70	0,7564
68	0,7820
66	0,8076
66	0,8333
64	0,8589
56	0,8846
32	0,9102
31	0,9358
<u>25</u>	0,9615
<u>2</u>	0,9872

Les valeurs soulignées sont les valeurs observées.

L'OKPARA A KABOUA

Distribution statistique des lames d'eau écoulées annuelles

1922-1960



Nous pourrions faire les mêmes remarques qu'en ce qui concerne la normalité de la distribution des lames d'eau de l'OUEME à BETEROU, à savoir que l'ajustement à une loi gaussique est acceptable entre les fréquences 0,1 et 0,9, au-delà, la dispersion est trop grande.

Pour la période 1951-1960, la moyenne de la lame d'eau écoulee observée est $\bar{H} = 139 \text{ mm}$ (soit un module de $42,3 \text{ m}^3/\text{s}$ et l'écart type est :

$$\sigma_H = 89,0 \text{ mm ou } 27 \text{ m}^3/\text{s}$$

L'extension des données donne une nouvelle moyenne de 125 mm , correspondant à un module moyen interannuel de $38 \text{ m}^3/\text{s}$, avec un écart type

$$\sigma_H = 65,5 \text{ mm ou } 19,8 \text{ m}^3/\text{s}$$

Cette nouvelle valeur du module est un peu inférieure à la première pour les raisons que nous avons déjà exposées, à savoir une pluviométrie plus importante durant les dernières années. On remarquera une fois de plus que, malgré l'irrégularité interannuelle, l'extension de la période d'observations modifie peu la valeur moyenne du module, ceci tenant au fait que la dernière décennie comporte à la fois des années très sèches et des années très humides qui se compensent partiellement; par contre, pour la même raison, l'écart type doit diminuer indépendamment de la réduction systématique par l'utilisation d'une corrélation.

Le coefficient de corrélation pluie-débit étant $r = 0,89$, l'efficacité relative du premier estimateur (valeur $42,3 \text{ m}^3/\text{s}$) par rapport au second (valeur $38,0 \text{ m}^3/\text{s}$) est égale à 0,44.

Il en résulte que l'on peut attribuer la même confiance à l'estimation $38 \text{ m}^3/\text{s}$ qu'à un module moyen interannuel qui aurait été calculé sur environ 23 ans d'observation directe des débits.

L'intervalle de confiance à 95% s'en trouve resserré, en effet la marge d'incertitude (égale à $\pm \frac{2\sigma}{N}$)

passé de $42,3 \text{ m}^3/\text{s} \pm 17 \text{ m}^3/\text{s}$ à $38 \text{ m}^3/\text{s} \pm 11 \text{ m}^3/\text{s}$.

Nous estimerons les fréquences décennales humides et sèches à :

$F_{1(x)}^{0,1} = 220 \text{ mm}$, soit un module de $67 \text{ m}^3/\text{s}$
et $F_{1(x)}^{0,9} = 40 \text{ mm}$ soit un module de $12 \text{ m}^3/\text{s}$

Nous donnerons, pour la fréquence cinquantenaire humide :

$F_1(x)^{0,02} = 290 \text{ mm}$, soit un module de $88 \text{ m}^3/\text{s}$

L'année 1958 avec $0,7 \text{ m}^3/\text{s}$ correspond au moins à l'année sèche de fréquence cinquantenaire.

L'hydraulicité de la période 1951-1960 varie de 2,18 en 1957 à 0,02 seulement en 1958.

L'irrégularité interannuelle caractérisée par K_3 est égale à 5,5, valeur forte.

Le coefficient de variation est égal à 0,524.

3.3. - Etude des Crues

Nous étudierons dans ce chapitre les maximums annuels de crues, c'est-à-dire les plus forts débits annuels.

Les observations limnimétriques ayant été faites deux fois par jour, la valeur maximale lue à l'échelle sera assez proche de la valeur réelle du maximum, bien qu'à certaines stations la montée des eaux soit très rapide, atteignant et dépassant un mètre en vingt-quatre heures.

Nous considérerons d'abord la répartition des fréquences d'apparition des maximums annuels puis, ensuite, les crues aux stations principales.

a) Epoques probables d'apparition des maximums annuels

Nous avons choisi la décade comme période de référence, les mois sont ainsi divisés en 3 décades, même si la dernière est effectivement de onze jours, cette simplification n'entraîne aucun inconvénient pratique. La durée doit être assez courte pour bien étudier le phénomène, mais le nombre d'observations est toujours assez faible. (Afin d'augmenter les renseignements, nous avons utilisé à la station de SAVE les indications fournies par les relevés hebdomadaires de 1942 à 1950 ; nous avons fait de même pour la station d'ATCHERIGBE en prenant les années semblant les plus exactes. Ces relevés, bien que douteux, donnent pourtant une idée sur la période d'apparition de la crue annuelle, voire en certains cas sur la valeur de celle-ci).

Nous avons fait deux groupes distincts :

- l'un comprend les bassins de l'OUENE et de l'OKPARA,
- l'autre, les bassins du ZOU.

On a vu, en effet, précédemment, la différence de régime assez sensible existant entre les bassins expérimentaux subissant une seule période de hautes eaux et les bassins méridionaux où cette période tend à se dédoubler avec un creux en Août.

- Bassins de l'OUENE et de l'OKPARA.

Les crues annuelles se produisent pendant une partie de l'année assez restreinte, d'Août à Octobre, c'est-à-dire trois mois.

A BETEROU, les crues ont lieu principalement à la fin Septembre, l'onde de crue met plusieurs jours pour arriver

.../

à SAVE ce qui conduit à un décalage d'une décade mais parfois le décalage est plus important. Dans ce cas, le maximum à SAVE est dû au bassin résiduaire à l'aval de BETEROU, la crue de BETEROU ne donnant qu'un maximum secondaire.

Dans le Nord du bassin de l'OKPARA, les crues se produisent surtout entre le 15 Septembre et le début d'Octobre, et, à KABOUA, on les observe particulièrement vers la mi-October, ce qui correspond sensiblement au temps de transport.

Le tableau, établi pour l'ensemble des stations de l'OUENE et de l'OKPARA, montre que les plus fortes fréquences de crues se trouvent entre le 10 Septembre et le 10 Octobre, avec une éventualité plus grande du 1er au 20 Octobre (25%).

Il peut s'en produire en Août lorsque la saison des pluies se termine précocement ou que les derniers mois de celle-ci sont déficitaires (cas de l'année 1958).

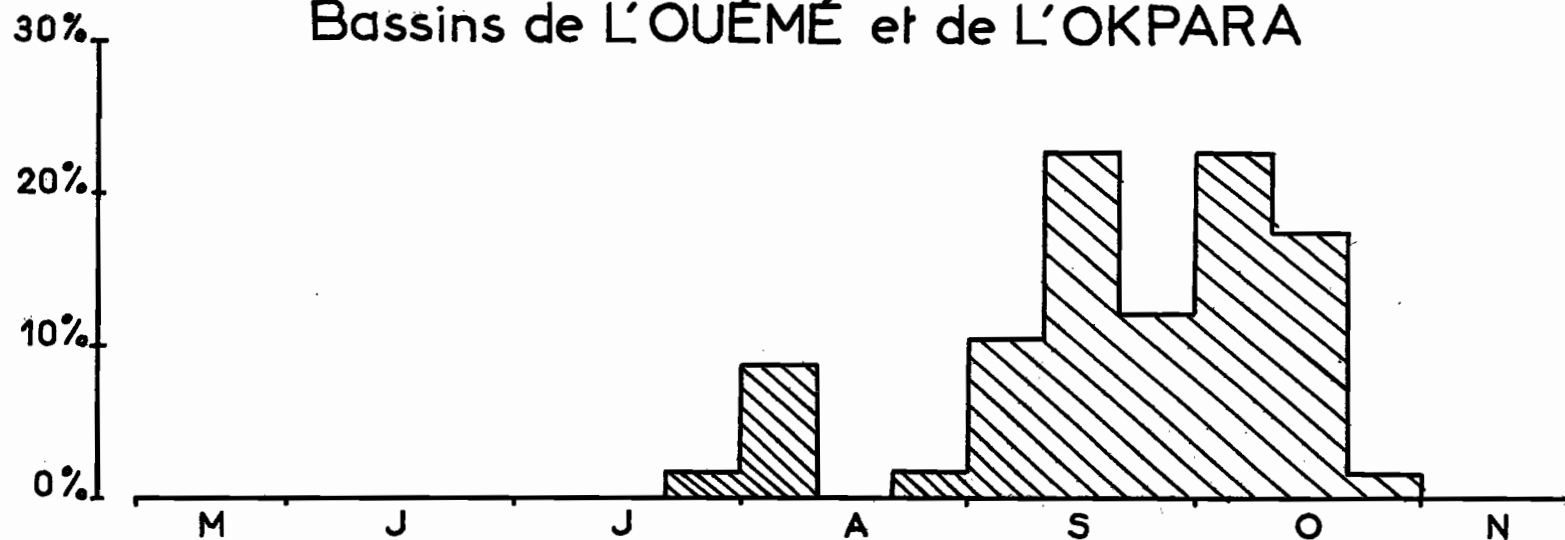
Après le 20 Octobre, les probabilités d'apparition d'une crue sont faibles.

- Bassin du ZOU.

Les crues sont beaucoup plus étalées dans le temps, ce qui est normal puisque le centre de gravité du bassin est plus méridional que pour les bassins précédents ; elles se produisent surtout entre le 11 Septembre et le 20 Octobre. Entre le premier et le 31 Août, on trouve peu de maximums annuels ce qui souligne bien la tendance équatoriale du régime. Mais, si la première saison des pluies est abondante et la seconde peu fournie, le maximum annuel pourra se produire avant le creux du mois d'Août, soit en Juillet, voire en Mai ou en Juin pour des années exceptionnellement sèches comme 1958, mais le plus fort débit annuel est alors insignifiant comparé à celui d'une année normale.

Répartition des fréquences d'apparition des maximums annuels de crues

Bassins de L'OUÉMÉ et de L'OKPARA



Bassins du ZOU

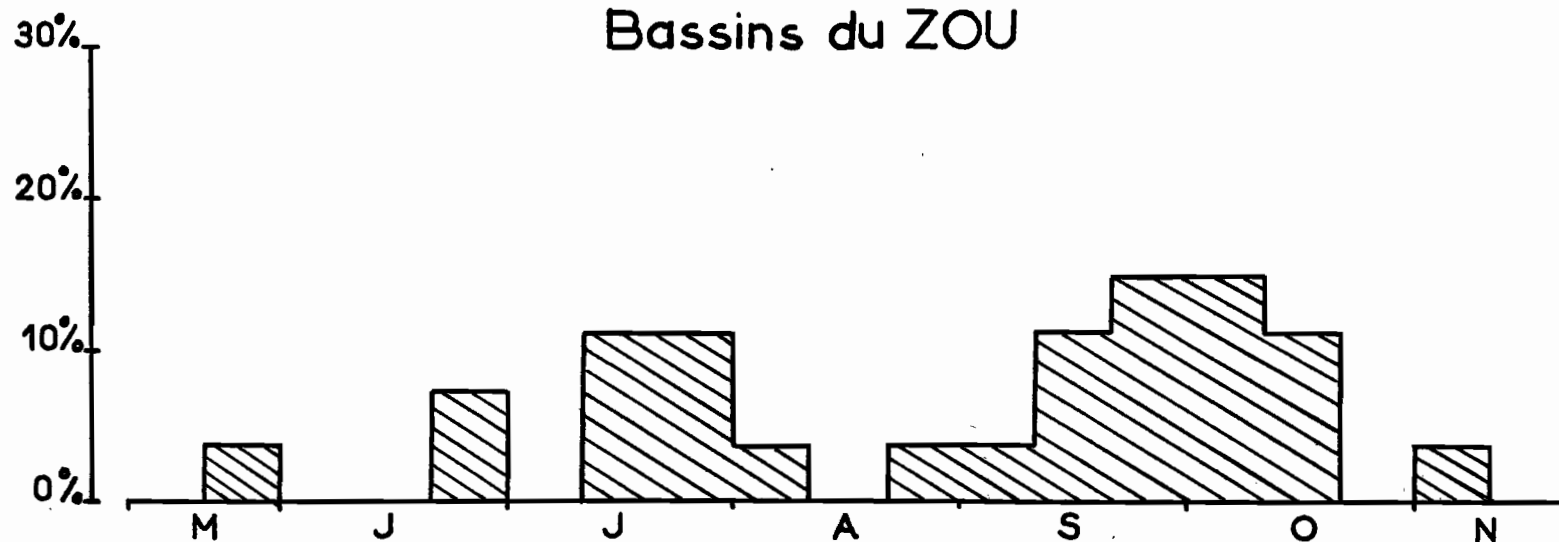


TABLEAU XLIV

ETUDE des CRUES

Eventualités des dates d'arrivée des maximums annuels aux différentes stations

Stations	Durée de référence	A 1-10	J 11-20	Juillet			Août			Septembre			Octobre			Novembre		
				1-10	11-20	21-31	1-10	11-20	21-31	1-10	11-20	21-31	1-10	11-20	21-31	1-10	11-20	21-31
Bassin de 1 ^{er} OUEME																		
-OUEME à BETEROU	11						1			1	4	4	1					
-OUEME à SAVE	20						2		1	5	4	2	4	2				
-BEFFA à VOSSA	6	1					1				1		2	1				
Bassin de 1 ^{er} OKPARA																		
-OKPARA à NANON	9										3		4	2				
-OKPARA à KABOUA	12					1	1				1	1	2	5	1			
Bassin du ZOU																		
-ZOU à ZOU DJI	6	1			1	1					1	1		1				
-ZOU à ATCHERIGBE	16		1	1		2		2	1		1	2	3	2				
-AGBADO à SAVALOU	6			1							1	1	1	1			1	

TABIEAU XLV

ETUDE des CRUES

Eventualités des dates des maximums annuels suivant les Bassins

Bassins	Durée de référence			Juillet			Août			Septembre			Octobre			Novembre		
		Mai	Juin	1-10	11-20	21-31	1-10	11-20	21-31	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-31	1-10	11-20	21-30
OUEME et OKPARA	57 ans					1 1,7%	5 8,7%	1 1,7%	6 10,5%	13 22,8%	7 12,2%	13 22,8%	10 17,5%	1 1,7%				
ZOU	27 ans	1 3,7%	2 7,4%	3 11,3%	3 11,1%	1 3,7%	1 3,7%	1 3,7%	3 11,1%	4 14,8%	4 14,8%	3 11,1%			1 3,7%			

b) Crues annuelles observées et estimation des fortes crues

Le régime est trop irrégulier pour qu'une étude directe des débits de crues observés à chaque station puisse conduire à des extrapolations sûres.

L'étude des modules a montré qu'il n'y avait aucun espoir de trouver une corrélation utilisable entre valeurs maximales annuelles et modules, et, à plus forte raison, entre valeurs maximales annuelles et hauteurs de précipitations annuelles.

Il ne reste plus qu'une ressource : tirer le meilleur parti de la période de 20 années que nous connaissons à la station de SAVE (et encore, certaines des premières années ne sont connues que de façon qualitative), et chercher s'il y a corrélation entre les maximums annuels à SAVE et aux autres stations.

Malgré le caractère douteux de certains relevés hebdomadaires de hautes eaux effectués pendant la période 1942-1950 à SAVE, les valeurs maximales sont utilisables pour cette période, comme l'ont montré un certain nombre de vérifications.

En premier lieu, la cote atteinte par la crue de 1949 (la plus forte enregistrée pendant la période d'observation) a été contrôlée en 1952 grâce aux indications d'un observateur sûr qui avait noté la distance séparant la surface du fleuve en crue du platelage du pont. On obtient ainsi une cote de 10,90 m au lieu des 13,00 m indiqués tout d'abord.

En ce qui concerne les années précédentes, certaines crues, en particulier celle de 1944, semblaient à priori être surestimées. On a cherché alors à utiliser les données de fleuves voisins subissant le même régime et pour lesquels il existe des observations pour cette période, c'est le cas du MONO, fleuve du TOGO, coulant à faible distance du bassin de l'OUENE, suivant une direction Nord-Sud et étant donc soumis aux mêmes types de climat.

La station d'ATHIEME (à partir de laquelle le MONO redevient dahoméen) dispose de relevés depuis 1944. On remarque, cette année-là, une très forte crue qui a été étudiée très en détail par un témoin résidant sur place ; l'apparition de cette crue coïncide sensiblement avec les fortes cotes notées à SAVE. Afin de vérifier si l'on peut vraiment faire un rapprochement entre le MONO et l'OUENE et accorder un crédit aux lectures faites à SAVE, nous avons fait une corrélation entre les crues maximales annuelles aux stations du MONO à ATHIEME et de l'OUENE à SAVE pour la période d'observation commune. Cette période, qui s'étale de 1944 à 1960, comprend 14 années utilisables.

.../

Soit $\bar{X}$ la moyenne de ces crues à SAVE
 et $\sqrt{X}$ l'écart type
 $\bar{Y}$ la moyenne de ces crues à ATHIENE
 et $\sqrt{Y}$ l'écart type

Le coefficient de corrélation se met sous la forme :

$$r = \frac{1}{k} \frac{\sum (X - \bar{X}) (Y - \bar{Y})}{\sqrt{X} \cdot \sqrt{Y}}$$

Les résultats sont les suivants :

A SAVE	$\bar{X} = 1\ 238\ m^3/s$	A ATHIENE	$\bar{Y} = 610\ m^3/s$
	$\sqrt{X} = 669\ "$		$\sqrt{Y} = 194\ "$

soit un coefficient de corrélation de 0,66. Cette valeur est assez faible, mais le test de FISHER est significatif. La corrélation est donc suffisante pour le contrôle des données de l'OUEME sur la période 1942-1950, ce qui justifie en particulier la cote de 1944 à SAVE.

Nous disposons, en définitive, à SAVE, de vingt maximums annuels (la crue de 1948 n'étant pas connue mais on sait qu'elle était très inférieure à la cote de 1949).

Le tableau n° XLVI contient, pour chaque année :

- la plus forte cote relevée,
- le débit en m³/s et l/s.km² correspondant à cette cote
- la date de la crue maximale annuelle.

TABIEAU XLVISTATION de SAVE sur l'OUEMEBV = 23 600 km²CRUES ANNUELLES A SAVE

Années	H m	Q m ³ /s	Q l/s.km ²	Date
1942	5,00	670	28,3	16 Septembre
1943	6,20	984	41,7	10 Septembre
1944	8,60	1 746	74,0	4 Octobre
1945	7,00	1 220	51,6	16 Septembre
1946	5,30	745	31,6	10 Octobre
1947	8,20	1 611	68,3	10 Septembre
1949	10,90	2 650	112,3	28 Août
1950	3,10	296	12,5	10 Octobre
1951	5,50	795	33,7	4 Septembre
1952	6,40	1 041	44,1	16 Octobre
1953	7,40	1 348	57,1	3 Août
1954	4,85	634	26,9	19 Octobre
1955	8,10	1 578	66,9	3 Août
1956	4,50	560	23,7	22 Septembre
1957	9,40	2 040	86,4	15 Septembre
1958	1,02	56	2,4	9 Octobre
1959	7,80	1 479	62,6	30 Septembre
1960	7,65	1 430	60,6	9 Septembre
1961	4,70	600	25,4	17 Septembre
1962	7,00	1 220	51,6	2 Septembre

Pour les trois autres stations principales, à savoir

- l'OUEME à BETEROU
- l'OKPARA à KABOUA
- et le ZOU à ATCHERIGBE

on ne possède qu'une douzaine d'années d'observation seulement. Nous étudierons donc les corrélations entre chacune de ces stations et la station de SAVE afin d'essayer d'étendre cette durée d'observation et de disposer ainsi d'un échantillon un peu plus grand pour une étude statistique qui restera très simple.

1°) - Corrélation SAVE - BETEROU

Les résultats, concernant les crues maximales annuelles réellement observées à cette station, sont indiqués dans le tableau ci-après :

TABLEAU XLVII

Crues annuelles à BETEROU - BV : 10 320 km²

Années	H m	Q m ³ /s	1/s.km ²	Date
1952	7,35	477	46,2	17 Septembre
1953	9,75	723	70,0	1er Août
1954	6,30	373	36,1	30 Septembre
1955	9,16	662	64,1	28 Septembre
1956	6,10	354	34,3	19 Septembre
1957	9,90	738	71,4	10 au 13 Sep- tembre
1958	2,20	43	4,2	5 Octobre
1959	8,35	579	56,1	29-30 Septem- bre
1960	8,65	609	59,0	26 Septembre
1961	6,30	373	36,1	19 Septembre
1962	8,55	599	58,2	4 Septembre

La période commune est donc de onze ans (1952-1962)
Nous avons pour SAVE :

$$\bar{X} = 1\,089 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\sigma_{\bar{X}}^2 = 574 \text{ "}$$

pour BETEROU

$$\bar{Y} = 502 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\sigma_{\bar{Y}}^2 = 206 \text{ "}$$

Il en résulte un coefficient de corrélation r égal à 0,95.

Cette valeur très significative et assez élevée s'explique assez bien puisqu'elle concerne deux stations d'un même fleuve, soumises au même régime.

Nous aurons, et ce sera normal, des coefficients plus faibles pour les autres stations.

La droite de régression de y en x peut s'écrire :

$$y' = \bar{y} + \frac{\sigma_{\bar{Y}}^2}{\sigma_{\bar{X}}^2} (x' - \bar{x})$$

$$\text{soit : } Y = 0,34 X + 132$$

Les valeurs Y_i de la période 1942-1951 à BETEROU seront reconstituées à partir des valeurs correspondantes X_i de SAVE pour cette période.

O R S T O N

A0

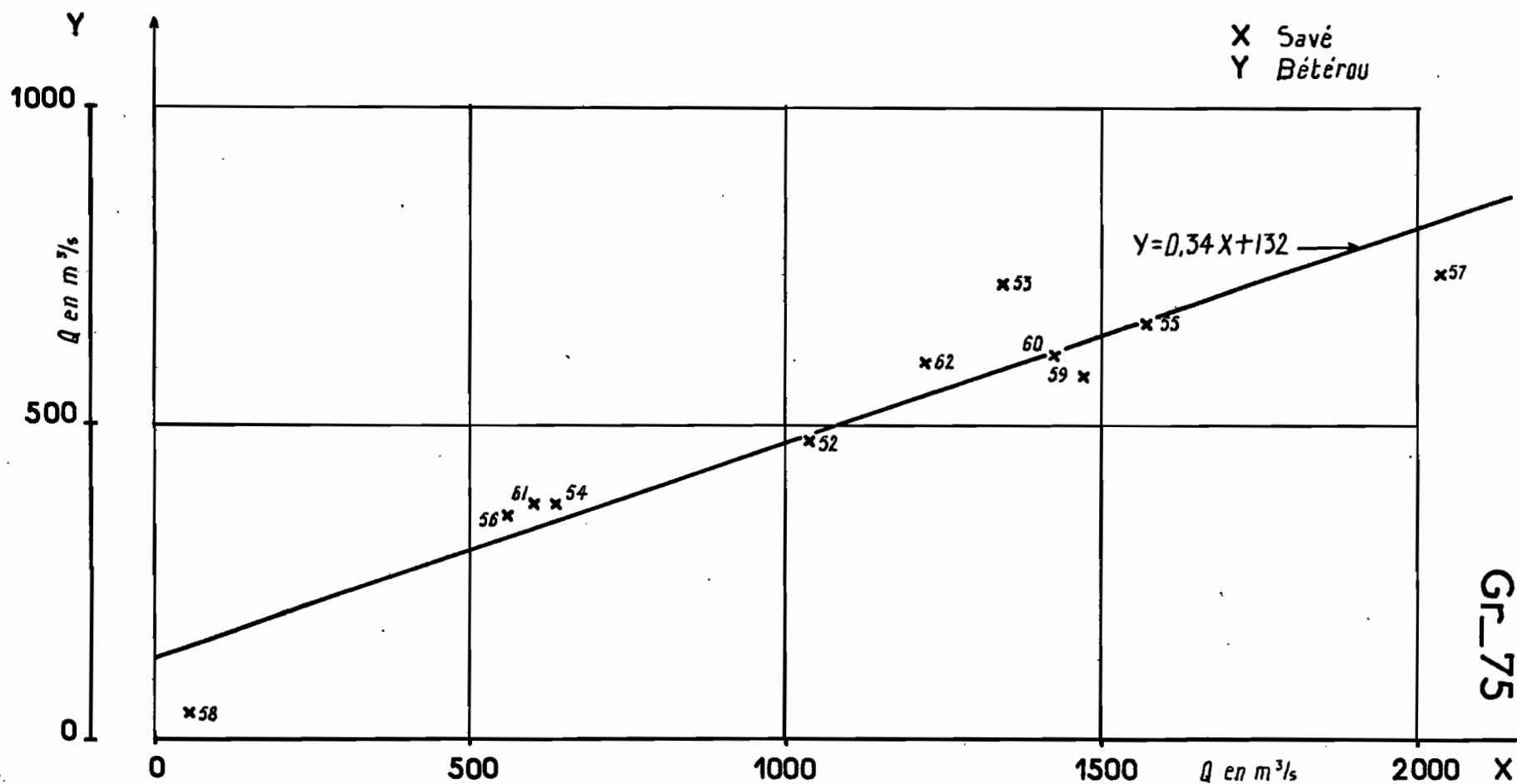
DATE: 9-5-1963

DESSINÉ: Gallienne J.

DAH-141080

SAVÉ-BÉTÉROU

Correlation crues maximales annuelles



2°) Corrélation SAVE-KABOUATABEAU XLVIIICrues annuelles à KABOUA - BV- 9600 km²

Années	H m	Q m ³ /s	Q l/s.km ²	Date
1951	3,29	196	20,4	28 Octobre
1952	4,62	370	38,5	17 Octobre
1953	3,98	284	29,6	19 Octobre
1954	3,88	271	28,2	18 Octobre
1955	4,89	405	42,1	3 Août
1956	2,62	117	12,1	7 Octobre
1957	5,80	535	55,7	15 Septembre
1958	0,89	7	0,7	17 Octobre
1959	4,63	371	38,6	29 Septembre
1960	4,32	330	34,4	5 Octobre
1961	3,63	239	24,9	27 Juillet
1962	5,30	465	48,4	15 Octobre

La période commune est de douze ans (1951-1962)

à SAVE $\bar{X} = 1\ 065\ \text{mm}$ à KABOUA $\bar{Y} = 299\ \text{m}^3/\text{s}$
 $\sqrt{X} = 554\ \text{mm}$ $\sqrt{Y} = 148$

Le coefficient de corrélation, est égal à 0,87

Bien que plus faible qu'à BETEROU, cette valeur reste assez bonne et la corrélation est très satisfaisante.

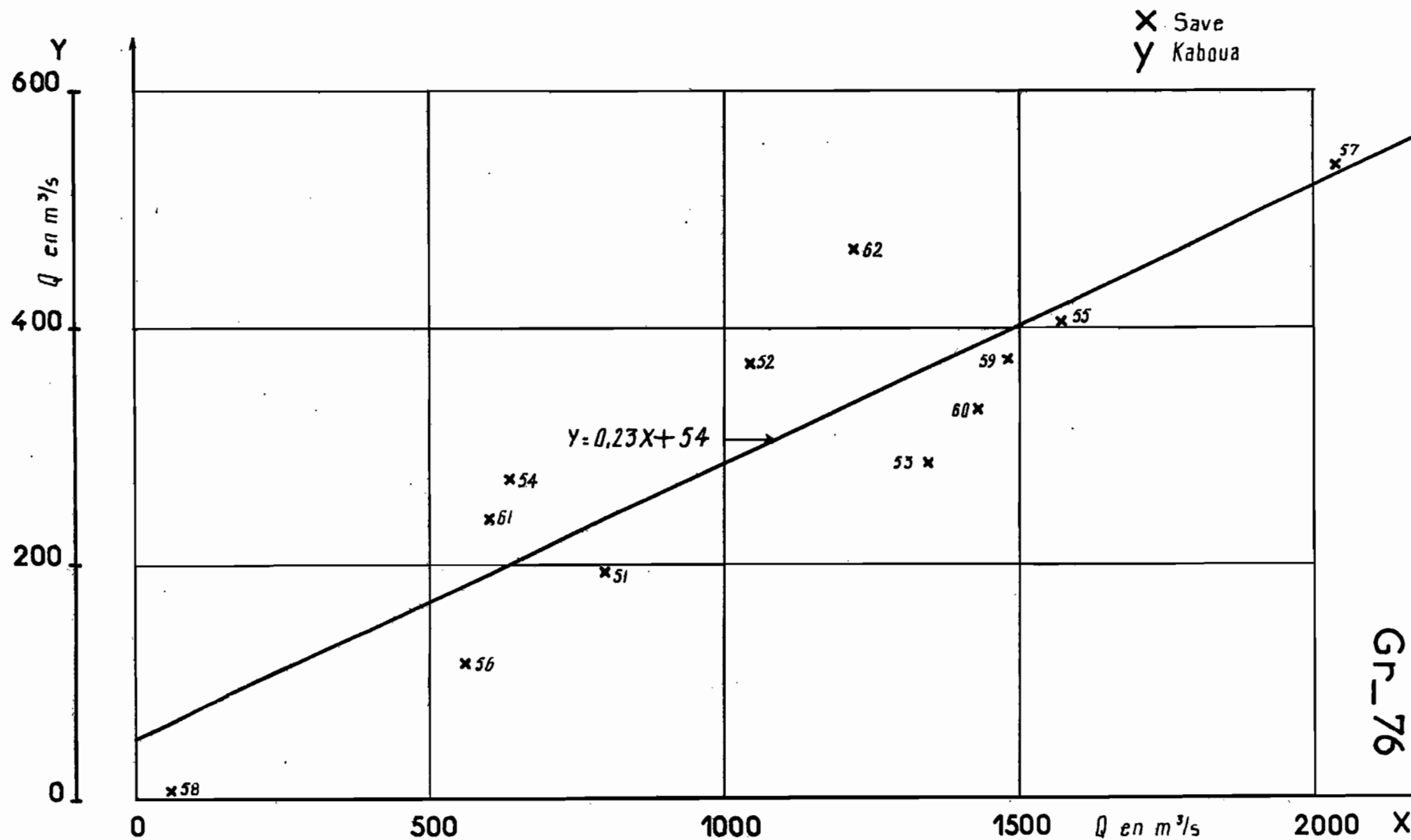
L'équation de la droite de régression de y en x donne :

$$Y = 0,23 X + 54$$

Comme précédemment, on calculera les valeurs Y_i de KABOUA à partir des valeurs X_i observées à SAVE pendant la période 1942-1950.

SAVÉ-KABOUA

Correlation crues maximales annuelles



3°) -Corrélation SAVE - ATCHERIGBE

TABLEAU XLIX

Crues annuelles à ATCHERIGBE - LV:6 950 km2.

Années	H m	Q m3/s	Q l/s.km2	Date
1951	7,55	388	55,8	31 Août
1952	6,30	297	42,7	9 Octobre
1953	7,95	418	60,1	28 Juillet
1954	6,90	340	48,9	11 Octobre
1955	9,65	543	78,1	18 Juillet
1956	4,10	150	21,6	24 Septembre
1957	8,30	443	63,7	27 Mai
1958	3,10	90	12,9	18 Juin
1959	5,07	213	30,6	13 Octobre
1960	8,12	430	61,9	21 Septembre
1961	5,26	226	32,5	14 Juillet
1962	10,10	576	82,8	3 Août

La période commune est de douze ans (1951-1962)

à SAVE $\bar{X} = 1\ 065$ mm

à ATCHERIGBE $\bar{Y} = 342$ mm

$\sqrt{X} = 554$ mm

$\sqrt{Y} = 152$ mm

soit un coefficient de corrélation r égal à 0,81.

La corrélation est significative ; on aurait pu s'attendre à une corrélation bien plus lâche encore étant donné la grande irrégularité du régime et les différences climatiques existant entre les bassins de ces deux stations.

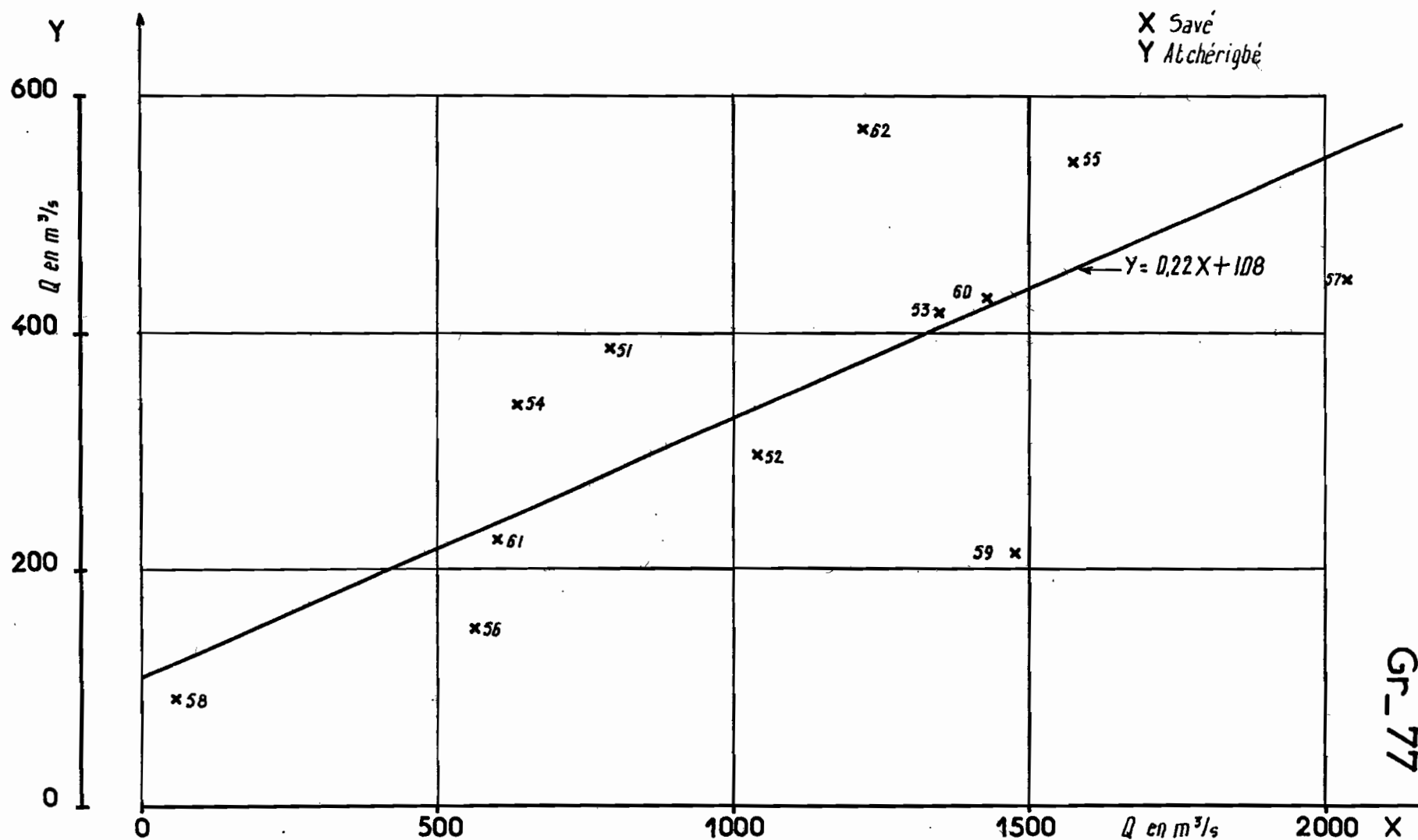
L'équation de la droite de régression de y en x est :

$$\underline{Y = 0,22 X + 108}$$

.../

SAVÉ-ATCHÉRIGBÉ

Correlation crues maximales annuelles



Gr-77

Les valeurs ainsi reconstituées à ces trois stations vont nous permettre d'étudier les crues de fréquence rare à celles-ci à partir des résultats trouvés pour SAVE.

- Station de l'OUEME à SAVE

L'échantillon de valeurs est trop faible pour chercher un ajustement à une loi quelconque et nous procéderons seulement à une extrapolation graphique de la distribution expérimentale; à chaque débit classé, par ordre décroissant, sera affectée une fréquence expérimentale au dépassement $\frac{n-1}{N}$ (tableau L)

TABLEAU L

Débits de crues classés d'après leur fréquence
expérimentale au dépassement
(OUEME à SAVE).

Débits	$F_1 (x)$
2 650	0,025
2 040	0,075
1 746	0,125
1 611	0,175
1 578	0,225
1 479	0,275
1 430	0,325
1 348	0,375
1 220	0,425
1 220	0,475
1 041	0,525
984	0,575
795	0,625
745	0,675
670	0,725
634	0,775
600	0,825
560	0,875
296	0,925
56	0,975

.../

Le graphique n° 70 à abscisses gaussiques montre que ces crues ne suivent pas une loi de Gauss, ce à quoi l'on s'attendait, la dissymétrie est même assez forte ; on a ajusté tant bien que mal une courbe régulière ne tenant pas compte des paliers que l'on rencontre habituellement dans ce genre d'étude, par prudence on a fait passer cette courbe par le point extrême (1949).

L'extrapolation de cette courbe permet de donner les valeurs suivantes aux faibles fréquences :

Fréquence décennale	<u>2 000</u> m ³ /s	(85 l/s.km ²)
Fréquence cinquantenaire	<u>2 750</u> "	(117 l/s.km ²)
Fréquence centenaire	<u>3 100</u> "	(131 l/s.km ²)

La valeur de la fréquence centenaire semble raisonnable, mais étant donné un tel régime, il serait risqué de la considérer autrement que comme un ordre de grandeur.

- Station de l'OUËME à BETEROU

Nous avons reconstitué les valeurs maximales des années 1942 à 1951 à partir des données de l'OUËLE à SÈVE par la formule de régression indiquée plus haut. Pour la période 1942 à 1962 ainsi obtenue, les débits de crues ont été classés par ordre décroissant suivant leur fréquence expérimentale au dépassement, dans le tableau L1 ci-dessous.

Les valeurs soulignées sont les valeurs réellement observées.

TABEAU L1

Débits	F ₁ (x)
1 031	0,025
<u>738</u>	0,075
<u>726</u>	0,125
723	0,175
680	0,225
<u>662</u>	0,275
<u>609</u>	0,325
<u>599</u>	0,375
<u>579</u>	0,425

.../

TABLEAU L1 (suite)

Debits	$F_1(x)$
547	0,475
477	0,525
467	0,575
402	0,625
385	0,675
373	0,725
373	0,775
360	0,825
354	0,875
242	0,925
43	0,975

La courbe représentative est concave, ce qui souligne bien le caractère asymétrique de la distribution .

On en déduit les crues de faibles fréquences suivantes :

Fréquence décennale	<u>775 m3/s</u>	<u>(75 l/s.km2)</u>
Fréquence cinquantenaire	<u>1 000 m3/s</u>	<u>(97 l/s.km2)</u>
Fréquence centenaire	<u>1 100 m3/s</u>	<u>(107 l/s.km2)</u>

- Station de l'OKPARA à KABOUA

Les valeurs maximales des années 1942 à 1950 ont été reconstituées d'après les données de l'OUEME à SAVE par la formule de régression liant KABOUA à SAVE. Pour la période 1942-1962 obtenue de cette façon, les débits de crues ont été classés, par ordre décroissant, d'après leur fréquence expérimentale au dépassement dans le tableau L11 ci-après :

- Station du ZOU à ATCHERIGBE

Comme pour les stations précédentes, les valeurs maximales des années 1942 à 1950 ont été reconstituées d'après les données de l'OUEME à SAVE.

Pour la période 1942-1962 ainsi obtenue, les débits de crues ont été classés, par ordre décroissant, d'après leur fréquence expérimentale au dépassement.

TABLEAU L111

Débits	$F_1(x)$
691	0,025
<u>576</u>	0,075
<u>543</u>	0,125
<u>492</u>	0,175
462	0,225
443	0,275
<u>430</u>	0,325
<u>418</u>	0,375
<u>388</u>	0,425
<u>376</u>	0,475
340	0,525
<u>324</u>	0,575
297	0,625
<u>272</u>	0,675
255	0,725
<u>226</u>	0,775
<u>213</u>	0,825
173	0,875
<u>150</u>	0,925
<u>90</u>	0,975

Les valeurs soulignées sont les valeurs observées.

Nous estimerons, à partir de la courbe représentative, les valeurs des différentes fréquences comme suit :

Fréquence décennale	<u>575 m3/s</u>	<u>(83 l/s.km2)</u>
Fréquence cinquantenaire	<u>730 m3/s</u>	<u>(105 l/s.km2)</u>
Fréquence centenaire	<u>800 m3/s</u>	<u>(115 l/s.km2)</u>

La fréquence centenaire est donnée à titre purement indicatif.

.../

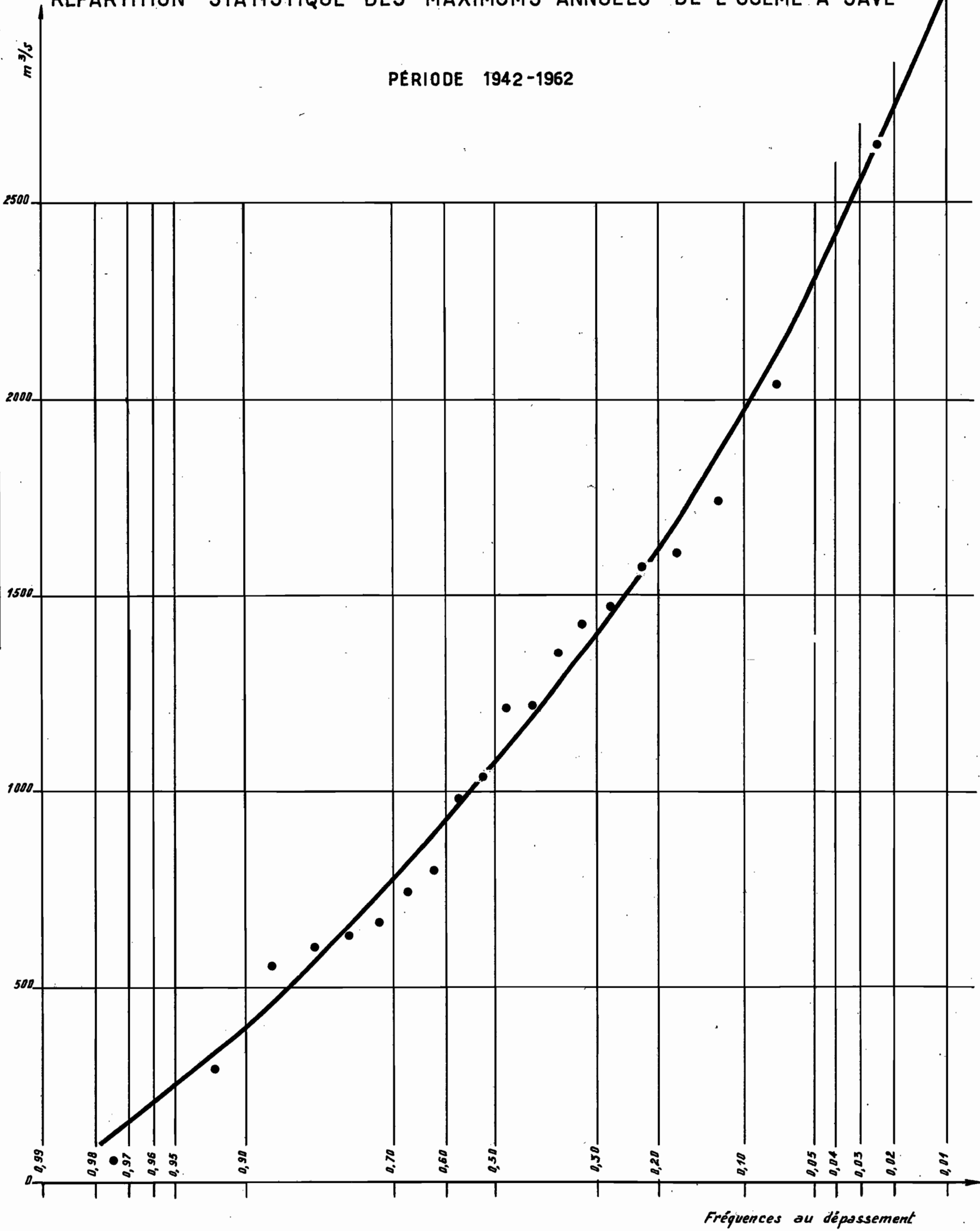
TABLEAU LIV

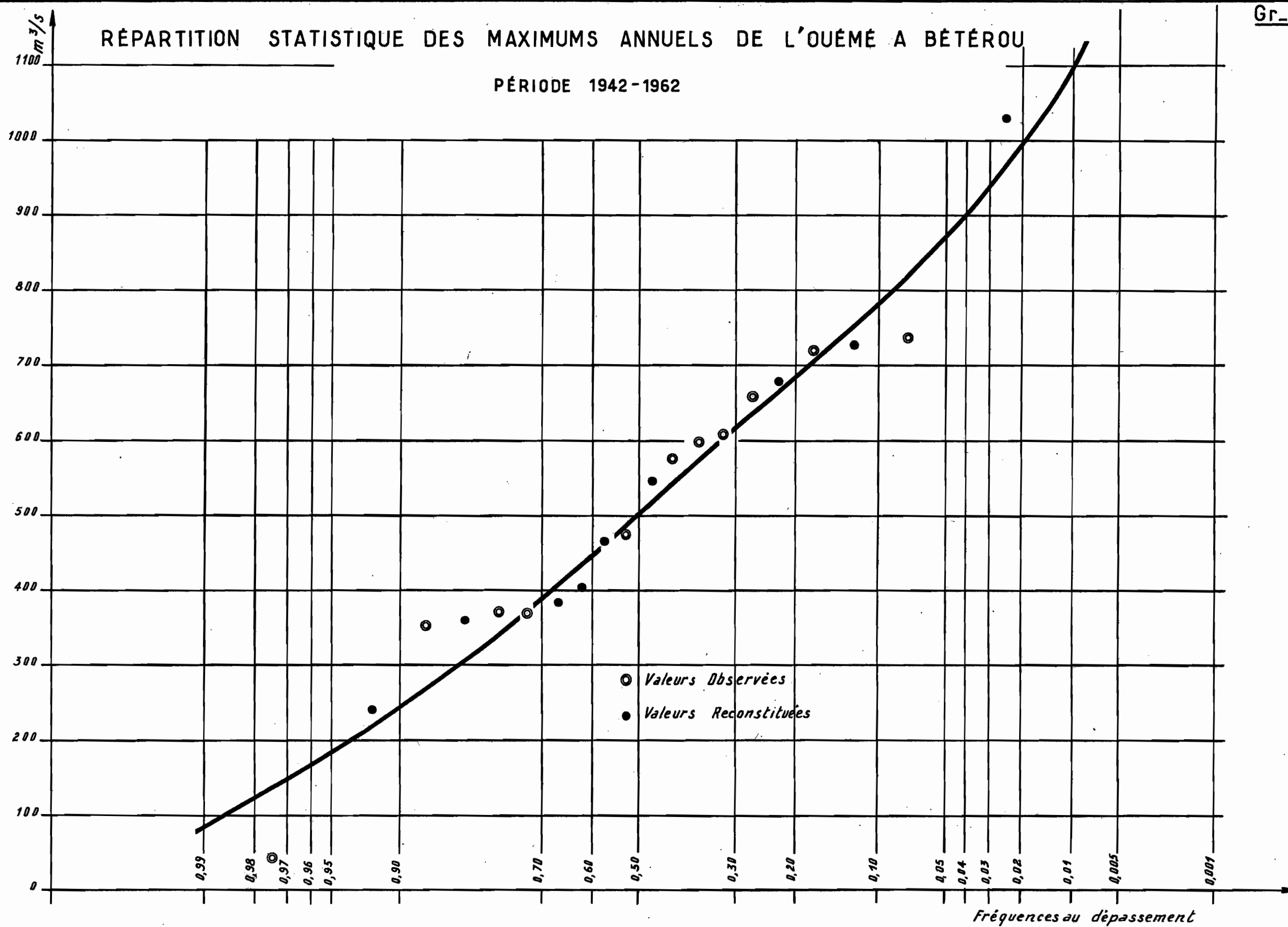
ETUDE des CRUES - ELEMENTS STATISTIQUES

STATIONS	Crues maximales observées				Crues Décennales		Crues cinquantenaires		Crues centenaires	
	Durée de la période (ans)	Année d'observation	Débits Absolus m3/s	Débits spécifiques l/s.km2	Débits absolus m3/s	Débits spécifiques l/s.km2	Débits absolus m3/s	Débits spécifiques l/s.km2	Débits absolus m3/s	Débits spécifiques l/s.km2
OUEME à BETEROU 10 320 km2	11	1957	738	71	775	75	1 000	97	1 100	107
OUEME à SAVE 23 600 km2	20	1949	2 650	112	2 000	85	2 750	117	3 100	131
OKPARA à KABOUA 9 600 km2	12	1957	535	56	500	52	660	69	750	78
ZOU à ATCHERIGBE 6 950 km2	12	1962	576	83	575	83	730	105	800	115

RÉPARTITION STATISTIQUE DES MAXIMUMS ANNUELS DE L'OUÉMÉ A SAVÉ

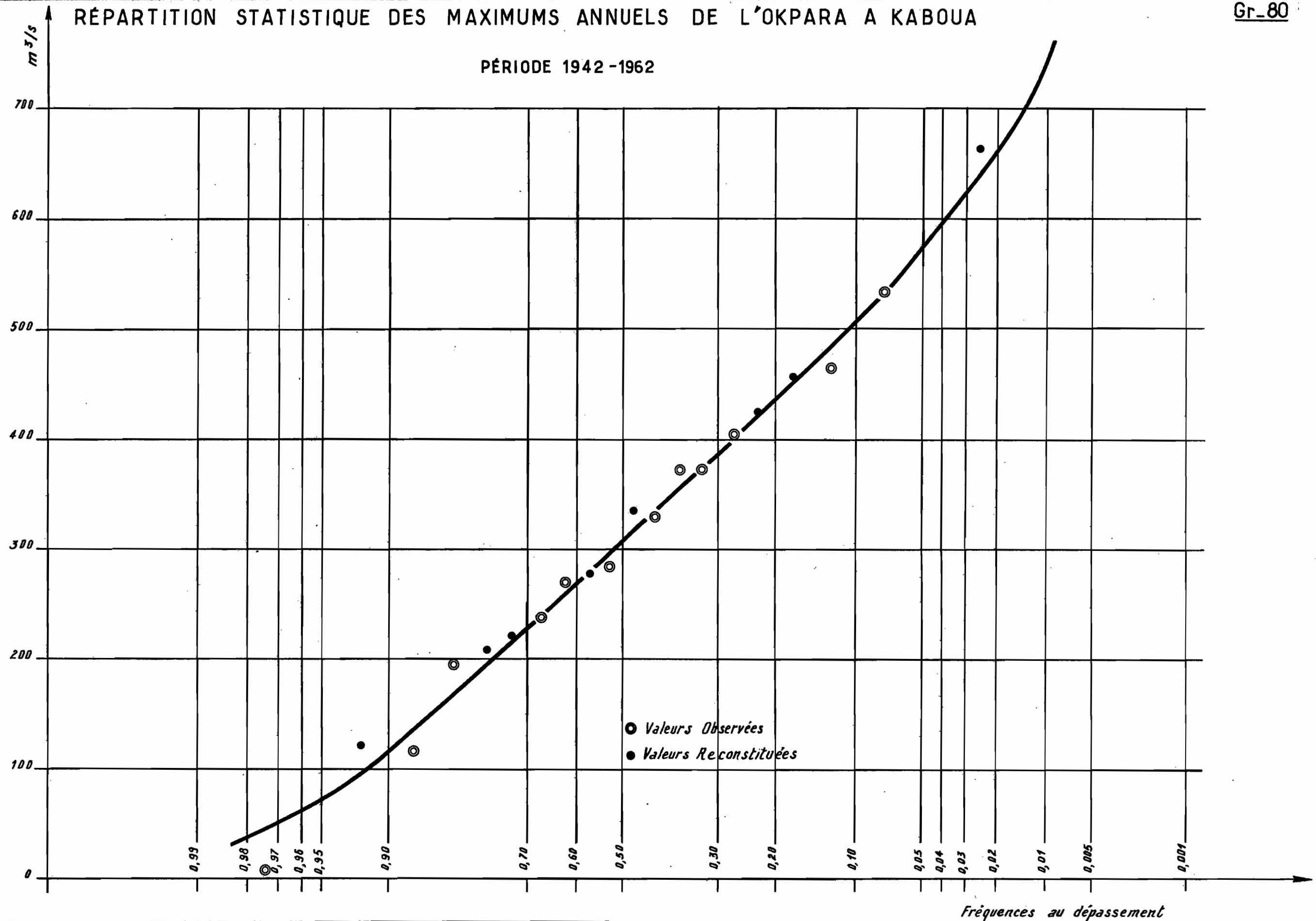
PÉRIODE 1942-1962





RÉPARTITION STATISTIQUE DES MAXIMUMS ANNUELS DE L'OKPARA A KABOUA

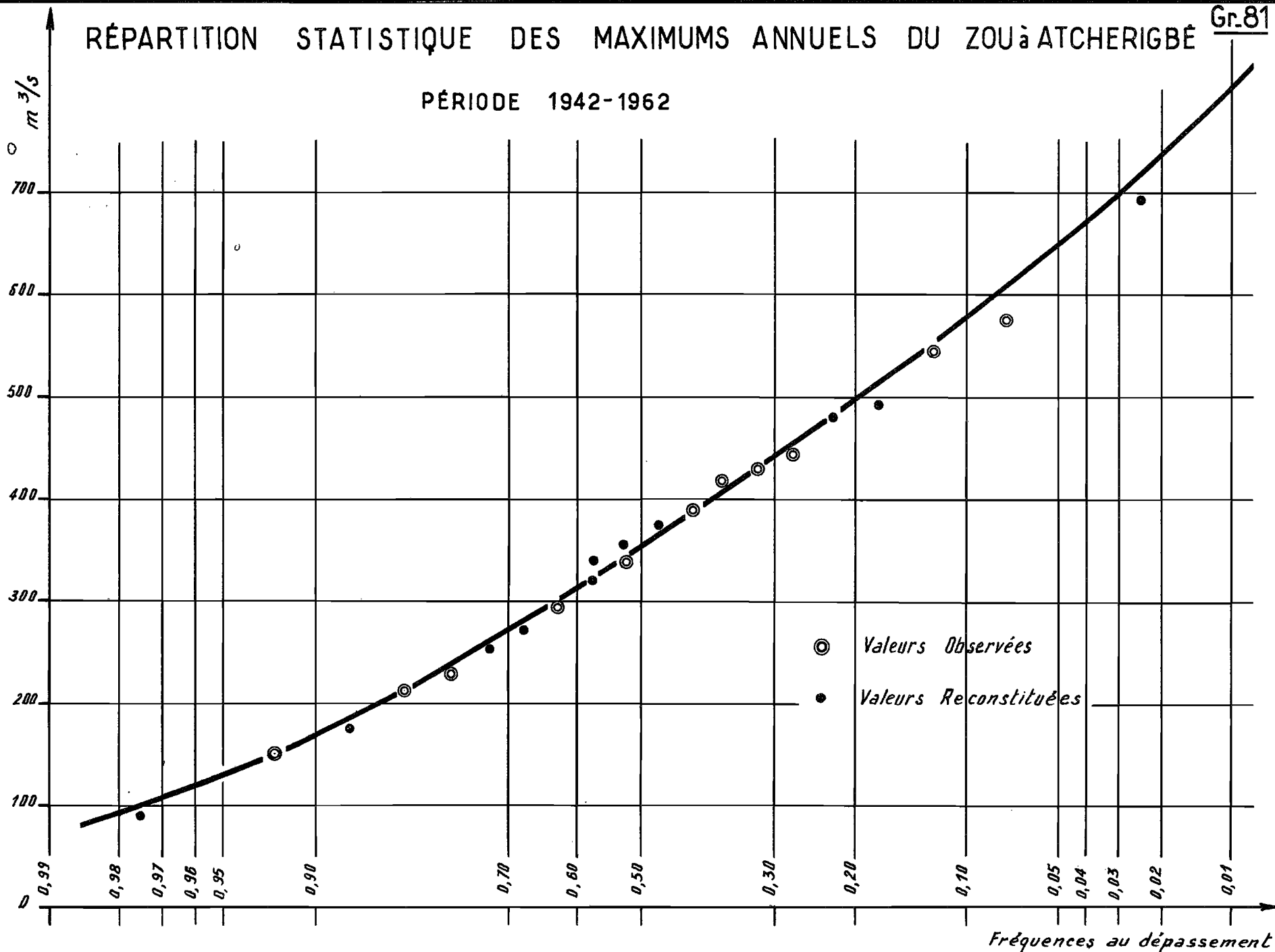
PÉRIODE 1942 - 1962



Fréquences au dépassement

RÉPARTITION STATISTIQUE DES MAXIMUMS ANNUELS DU ZOUATCHERIGBÉ Gr. 81

PÉRIODE 1942-1962



0.98 0.97 0.96 0.95 0.94 0.93 0.92 0.91 0.90 0.89 0.88 0.87 0.86 0.85 0.84 0.83 0.82 0.81 0.80 0.79 0.78 0.77 0.76 0.75 0.74 0.73 0.72 0.71 0.70 0.69 0.68 0.67 0.66 0.65 0.64 0.63 0.62 0.61 0.60 0.59 0.58 0.57 0.56 0.55 0.54 0.53 0.52 0.51 0.50 0.49 0.48 0.47 0.46 0.45 0.44 0.43 0.42 0.41 0.40 0.39 0.38 0.37 0.36 0.35 0.34 0.33 0.32 0.31 0.30 0.29 0.28 0.27 0.26 0.25 0.24 0.23 0.22 0.21 0.20 0.19 0.18 0.17 0.16 0.15 0.14 0.13 0.12 0.11 0.10 0.09 0.08 0.07 0.06 0.05 0.04 0.03 0.02 0.01

AO

DATE: 13-5-63

DESSINÉ: J. Mélaye

DAH-141.086

3.4. - Etude des Etiages

Nous avons déjà montré la faiblesse des débits pendant la saison sèche dans ce régime tropical de transition à variante dahoméenne.

La faible importance des réserves souterraines, d'une part, la longueur et la rigueur de la saison sèche, d'autre part, provoquent un tarissement toujours très rapide, se prolongeant généralement jusqu'à la mise à sec complète des cours d'eau.

Ainsi, sur le cours principal, l'étiage absolu annuel est le plus souvent nul.

La durée de la période sans écoulement ou d'étiage, que nous verrons en détail un peu plus loin, dépend non seulement de l'importance de la dernière crue, mais également de la date d'arrivée de la nouvelle saison des pluies.

A la station de SAVE, par exemple, la sécheresse de l'année 1956 provoque un établissement précoce des basses eaux qui prend fin, cependant, assez rapidement grâce aux pluies de 1957, en avance sur la moyenne. L'année 1957, très arrosée et à fortes crues, amène l'existence d'un écoulement notable jusqu'à la fin de Janvier 1958, mais l'absence de pluies importantes durant le premier semestre de cette dernière année créera un étiage rigoureux qui se maintiendra, d'ailleurs, exceptionnellement jusqu'en Septembre.

Le lit des cours secondaires peut rester à sec de Décembre à Mai, voire de Novembre à Juin. L'étude du bassin expérimental de la LHOTO a même montré qu'en année particulièrement sèche, comme en 1958, le lit de certains petits cours d'eau à bassin assez perméable pouvait rester à sec toute l'année.

On sait qu'on appelle tarissement d'une rivière la décroissance des débits correspondant à la vidange des réserves souterraines, en dehors de toute précipitation. Le plus souvent on adopte comme loi de tarissement une loi exponentielle de la forme $Q = Q_0 e^{-\lambda t}$, le tarissement est ainsi assimilé à la vidange d'un réservoir à travers un bouchon poreux.

Q_0 est le débit pour une origine de temps arbitraire, Q le débit au temps t , exprimé en jours ; la courbe $Q(t)$ tracée sur un diagramme à abscisses (t) linéaires et à ordonnées (Q) logarithmiques doit être une droite si l'hypothèse est vérifiée.

Nous adopterons une fonction exponentielle bien que la limite inférieure du tarissement soit ici parfois égale à zéro.

L'écoulement qui se produira à la fin de la saison des pluies correspondra rarement à un tarissement pur, une partie de cet écoulement provenant, en effet, des dernières averses de l'hivernage. Ceci sera particulièrement visible pour le ZOU à ATCHERIGBE où les pluies tardives tombant jusqu'à la mi-novembre donnent, sur la courbe décroissante des débits, une dentelle de pointes de crues.

Ainsi le coefficient α représentant sur le diagramme semi logarithmique la pente de la droite sera parfois difficile à estimer correctement. Les valeurs de α seront assez élevées, les réserves souterraines étant peu importantes, en effet, seules pratiquement, les zones arénisées des massifs granitiques peuvent restituer un peu d'eau en saison d'étiage

Sur les bassins de l'OUEME et de l'OKPARA, la décrue n'est pas trop influencée par les dernières pluies, celles-ci s'arrêtent vers la mi-Octobre, soit plus tôt que dans le Sud, et le tarissement dure deux mois environ, parfois trois. La valeur de α varie assez peu d'une année à l'autre et oscille autour de 0,030.

Les valeurs extrêmes pour l'OUEME à SAVE sont respectivement de 0,025 en 1957, année à fort module, et de 0,043 en 1958. La sécheresse excessive de cette dernière année n'a pas permis aux réserves de se réalimenter d'où le fort coefficient α

Valeurs moyenne de α (période d'observation)

OUEME à BETEROU α = 0,032

OUEME à SAVE α = 0,033

OKPARA à KABOUA α = 0,031

Il existe ainsi une certaine corrélation entre le coefficient α relatif à chaque station et le débit moyen annuel, nous remarquons de plus que le α moyen est à peu près le même sur l'ensemble de ces 3 bassins et semble être indépendant de la superficie du bassin.

Pour le Zou, les pluies tardives provoquent un gonflement temporaire du débit, qui peut produire jusqu'à la mi-Novembre certaines années. La décrue est ainsi plus ou moins rapide, restant liée à l'influence des précipitations. En 1957, le tarissement s'étend d'octobre à fin décembre (graphique 82) en 1958, en l'absence totale de pluies au cours de la décrue, il ne dure que quinze jours seulement. Caractériser un α dans ces

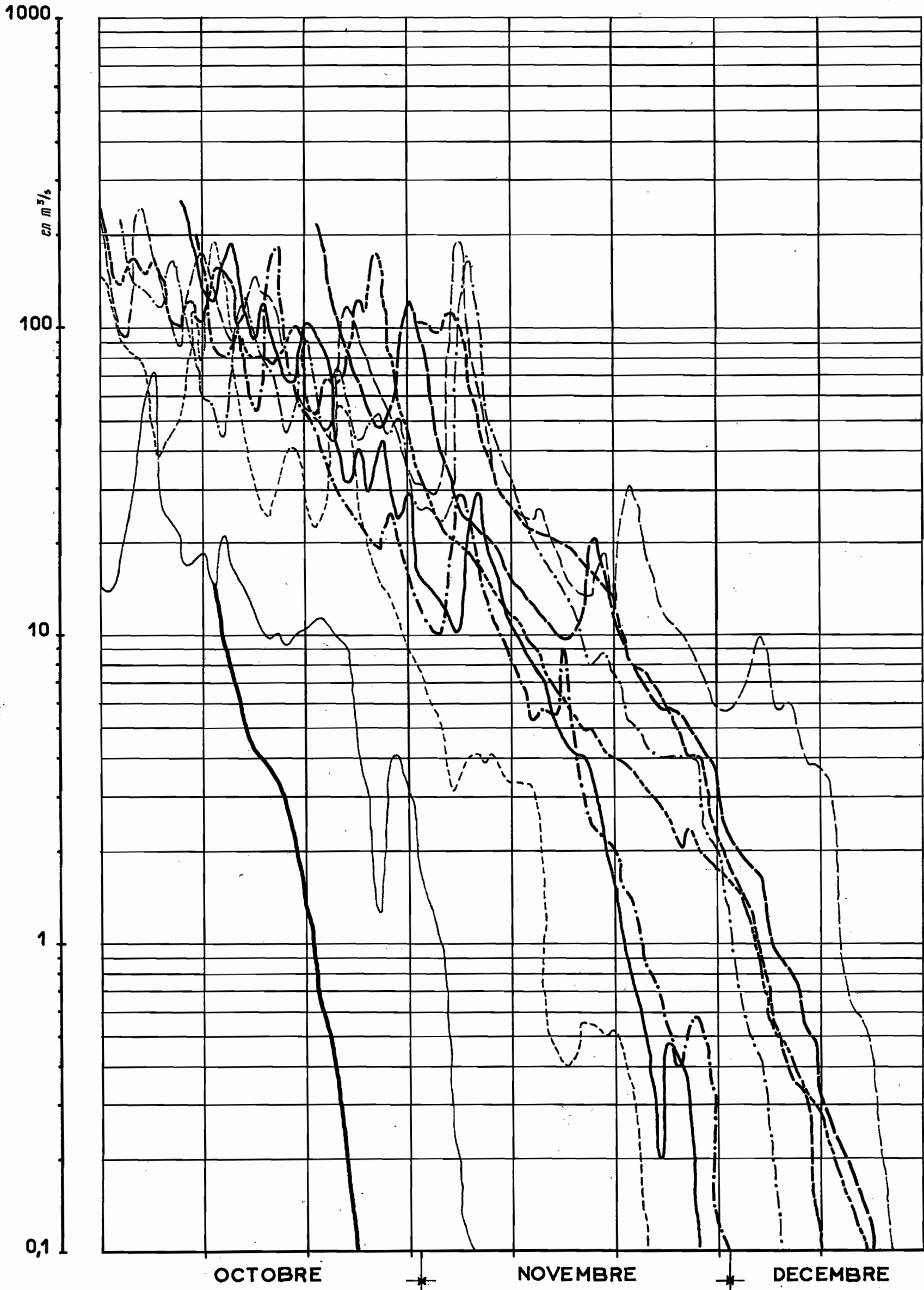
.../

conditions est malaisé sinon utopique, tout au plus peut on dire qu'il existe une période de décrue jusqu'à 5-10 m³/s débit pour lequel on n'observe plus de pluies en général, pour laquelle la pente moyenne est de l'ordre de 0,030, ensuite la pente augmente brutalement, correspondant probablement au vrai tarissement, elle peut dépasser 0,100. Cette seconde période est toujours très courte et dure de 10 à 15 jours environ.

C.A.S.T.O.M.
A0
DATE 8.5.1963
DESSINE Gallienne J.
DAH-141087

LE ZOU A ATCHÉRIGBÉ
Courbes de tarissement
1951-1960

-----	1951	-----	1956
=====	1952	-----	1957
-----	1953	-----	1958
-----	1954	-----	1959
-----	1955	-----	1960



Gr-82

TABLEAU LV

ETIAGES ABSOLUS de l'OUEME à BETEROU

Année	Débits m ³ /s	Date
1952-1953	0	6 Avril - 4 Mai
1953-1954	0	3 - 11 Mai
1954-1955	0,03	31 Mars
1955-1956	0,09	7 et 8 Mai
1956-1957	0	12 Mars - 25 Mai
1957-1958	0	9 - 15 Avril
1958-1959	0	26 Janvier-15 Mars, 5 Avril-9 Mai
1959-1960	0	7 - 18 Avril
1960-1961	0	29 Mars-6 Avril

ETIAGES ABSOLUS de l'OUEME à SAVE

Année	Débits m ³ /s	Date
1951-1952	0	9 Avril-14 Mai
1952-1953	0	15 Avril-2 Juin
1953-1954	0	23 Mars-25 Mai
1954-1955	0	18-24 Mars, 27 Avril-5 Mai
1955-1956	0	21 Mai-31 Juin
1956-1957	0	16 Février-22 Avril, 6-13 Mai
1957-1958	0	17-19 Avril
1958-1959	0	16 Janvier-31 Mars
1959-1960	0	19 Février-19 Avril
1960-1961	0	6 Mars-30 Mars

.../...

TABLEAU LVI

ETIAGES ABSOLUS de l'OKPARA à KABOUA

Année	Débits m ³ /s	Dates
1951-1952	0	1-9 Mai
1952-1953	0	5-9 Mai, 21-26 Mai
1953-1954	0	13 Avril-20 Mai
1954-1955	0,035	6 Mai
1955-1956	0,030	19-20 Mars
1956-1957	0	15-31 Mars
1957-1958	0	17 Août-30 Septembre
1958-1959	0	1 Février-15 Mars
1959-1960	0	29 Février-21 Mars
1960-1961	0	29 Mars

ETIAGES ABSOLUS du ZOU à ATCHERIGBE

Année	Débits m ³ /s	Dates
1951-1952	0	4/1-8/3, 26/4-17/5, 1-10/6, 17-24/6
1952-1953	0	15/1-26/2, 11-15/4, 12-27/5
1953-1954	0	22/12-22/3, 24/5
1954-1955	0	30/12-27/1, 15/2-8/3, 10-15/4, 28/4-6/5
1955-1956	0	6/1-31/3, 7-10/5, 14-15/5, 30/7-4/9
1956-1957	0	25/12-31/3, 10-15/4
1957-1958	0	17/2-5/3, 19/3-1/4, 19/4, 31/7-25/9
1958-1959	0	7/11-14/2, 22/2-29/3, 14-18/4
1959-1960	0	21/12-18/3, 28/3-4/4, 10-13/4, 2-7/6
1960-1961	0	5/1-1/4, 26-27/4, 4-8/5

.../...

- Etude statistique des étiages -

On a porté dans les tableaux LV et LVI la valeur du débit le plus faible observé et sa date. On vérifie que ce débit est presque toujours nul.

L'étude consistera donc à examiner la répartition statistique du nombre de jours sans écoulement au cours de chaque saison sèche. Remarquons cependant qu'il est souvent difficile d'estimer le moment exact où cesse l'écoulement, à la limite, le lit mineur ne présente plus qu'une succession de flaques d'eau s'asséchant progressivement. Les lectures journalières d'une échelle placée généralement dans un creux de rocher n'indiqueront plus que l'évaporation se produisant d'un jour à l'autre dans ce trou d'eau, alors que l'écoulement aura cessé depuis longtemps. On devra toujours se servir des données de très basses eaux avec circonspection; à cette cause d'erreur viendront s'ajouter les erreurs de lectures, lectures souvent négligées en saison sèche, et si le lit n'est pas stable, l'imprécision de la courbe de tarage.

Nous avons donc relevé non seulement les jours de débit nul mais également ceux où le débit est inférieur ou égal à 0,1 m³/s pendant la grande saison sèche d'hiver.

TABEAU LVII

ANNEES	Nombre de jours à débit nul				Nombre de jours à débit ≤ 0,1 m ³ /s			
	BETEROU	SAVE	KABOUA	ATCHERIG BE	BETEROU	SAVE	KABOUA	ATCHERIG BE
1951-52		53	9	103		76	86	173
1952-53	28	49	11	70	68	60		169
1953-54	9	63	37	91	60	95	93	150
1954-55	0	15	0	67	24	96	63	139
1955-56	0	41	0	92	3	83	69	160
1956-57	74	61	17	103	114	104	78	155
1957-58	7	4	0	31	48	44	14	102
1958-59	83	75	44	135	133	107	129	167
1959-60		61	22	109		85	69	169
1960-61	6	25	1	91	42	47	57	165

Le nombre de jours de chaque saison sèche pendant laquelle le débit est soit nul, soit inférieur ou égal à 0,1 m³/s, ont été classés par ordre décroissant en leur attribuant suivant le rang de classement n une fréquence expérimentale au dépassement $n - \frac{1}{2}$.

N

Les fréquences décennales sèches et humides telles qu'elles résultent de ce classement aux quatre stations, sont réunies dans le tableau ci-dessous :

TABLEAU LVIII

Stations	Fréquence décennale $Q = 0$		Fréquence décennale $Q \leq 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$	
	sèche	humide	sèche	humide
BETEROU	80 jours	0 (1)	120 jours	10 jours
SAVE	70	10	110	45
KABOUA	40	0 (1)	110	(20)
ATCHERIGBE	125	50	>170	(120)

(1) A ces stations, on observe une fois tous les cinq ans, en moyenne, un étiage absolu non nul.

Ces chiffres appellent quelques commentaires :

- à BETEROU, le lit peut rester plus longtemps à sec qu'à SAVE lors des années à pluviométrie déficitaire, mais en général l'écoulement reprend plus tôt et nous avons vu qu'il peut même ne pas s'interrompre certaines années.
- à KABOUA, le nombre de jours sans écoulement est toujours faible. Le maximum annuel se produit, en effet, plus tard que sur les autres bassins d'où un écoulement ayant tendance à se prolonger davantage qu'à SAVE, le tarissement étant d'ailleurs un peu moins élevé.
- à ATCHERIGBE, la sécheresse est particulièrement accentuée et des débits de 0,1 m³/s ou moins s'observent chaque année pendant cinq mois environ. L'arrivée de la première saison des pluies, suivant qu'elle sera plus ou moins précoce, favorisera ou non la durée des basses eaux comme il a déjà été

.../

dit plus haut. La fréquence décennale sèche doit être de l'ordre de six mois. Ces résultats ne concernent que la grande saison sèche, nous savons en effet qu'à cette station méridionale, il peut se produire parfois une seconde interruption de l'écoulement au cours de la petite saison sèche d'été si les deux conditions suivantes sont réalisées : faible pluviométrie du mois d'août succédant à une première saison des pluies très déficitaire. Cela s'est produit en Août 1956 et d'Août à fin Septembre 1958, soit une fois tous les cinq ans pour la période d'observation, plus rarement peut-être sur une longue période.

Aux autres stations, plus au Nord, un étiage secondaire peut avoir lieu certaines années sèches, il reste cependant peu marqué, exception faite de l'année 1958 de fréquence sèche au moins cinquantenaire qui provoque un arrêt complet de l'écoulement à KABOUA pendant une quarantaine de jours et si à SAVE l'écoulement ne fut pas interrompu (étiage absolu de 0,07 m³/s seulement), ce ne fut que grâce aux apports du haut bassin de l'OUENE qui reçut quand même quelques pluies notables.

3.5 - Déficits et coefficients d'écoulement

Le bilan hydrologique simplifié d'un bassin peut s'écrire de la façon suivante :

$$V_p = V_q + V_E + V_N$$

Dans cette équation, au volume de précipitations V correspond une partie V_q qui s'écoule à l'exutoire, alors qu'une partie V_E s'évapore ou est retenue par la végétation et qu'une autre partie V_N s'infiltré définitivement et va alimenter les nappes souterraines.

Si l'on prend un cycle hydrologique complet allant d'étiage à étiage, il est facile, dans le cas du bassin de l'OUETTE, d'admettre que l'état des réserves est le même au début et à la fin de la période considérée, c'est-à-dire que l'on n'a pas à s'inquiéter de V_N .

Sur nos bassins, la nature lithologique des terrains permet rarement la formation de réserves souterraines notables si ce n'est dans la zone arénisée du pourtour des dômes granitiques, mais celles-ci sont toujours peu importantes, d'autre part, il n'existe aucune infiltration en profondeur.

Si l'on considère le déficit d'écoulement comme la différence pour une période donnée entre le volume de pluie tombé sur le bassin et le volume d'eau écoulé à l'exutoire pendant la même période, on voit que le calcul du déficit d'écoulement pourra donner une estimation de l'évapotranspiration réelle.

Ce déficit d'écoulement peut s'exprimer ainsi :

$$D_{mm} = P_{mm} - H_{mm}$$

On préfère, en effet, faire les calculs sur des hauteurs d'eau plutôt que sur des volumes. Dans cette formule, P_{mm} est la pluviométrie moyenne exprimée en mm, pendant la période et H_{mm} la lame d'eau écoulée correspondant au débit moyen pendant le même temps.

Le coefficient d'écoulement se met sous la forme :

$$R \% = 100 \frac{H}{P}$$

.../

TABLEAU III

BASSIN de l'OUEME à BETEROU (10320 km2)

Année	Pluviométrie moyenne mm	Lame d'eau écoulée mm	déficit d'écoulement mm	Coefficient d'écoulement %
1952	1210	220	990	18,1
1953	1420	343	1077	24,1
1954	1205	162	1043	13,4
1955	1560	413	1147	26,5
1956	1128	107	1021	9,4
1957	1570	324	1246	20,6
1958	810	10	800	1,2
1959	1348	171	1177	12,6
1960	1680	333	1347	19,8
moyenne	1326	232	1094	17,5

BASSIN de l'OUEME à SAVE (23600 km2)

Année	Pluviométrie moyenne mm	Lame d'eau écoulée mm	déficit d'écoulement mm	Coefficient d'écoulement %
1951	1300	194	1106	14,9
1952	1280	185	1095	14,4
1953	1400	286	1114	20,4
1954	1145	112	1033	9,7
1955	1450	365	1085	25,2
1956	1075	68	1007	6,3
1957	1505	334	1171	22,1
1958	750	5	745	0,7
1959	1325	157	1168	11,8
1960	1575	295	1280	18,7
moyenne	1280	200	1080	15,6

TABLEAU LX

BASSIN de l'OKPARA à NANON (2065 km²)

Année	Pluviométrie moyenne mm	Lame d'eau écoulée mm	Déficit d'écoulement mm	Coefficient d'écoulement %
1952	1230	246	984	20,0
1953	1490	246	1 244	16,5
1954	1125	178	947	15,6
1955	1475	307	1 168	20,8
1959	1290	156	1 134	12,1
1960	1505	208	1 297	13,8
moyenne	1352	223	1 129	16,5

BASSIN de l'OKPARA à KABOUA (9600 km²)

Année	Pluviométrie moyenne mm	Lame d'eau écoulée mm	Déficit d'écoulement mm	Coefficient d'écoulement %
1951	1230	92	1138	7,5
1952	1310	132	1178	10,1
1953	1350	205	1145	15,2
1954	1060	95	965	9,0
1955	1450	241	1209	16,6
1956	960	31	929	3,2
1957	1650	273	1377	16,5
1958	790	2	788	0,3
1959	1350	122	1228	9,0
1960	1500	199	1301	13,3
moyenne	1265	139	1126	11,0

.../...

TABLEAU LXI

BASSIN du ZOU à ZOUDJI (2020 km²)

Année	Pluviométrie moyenne mm	Lame d'eau écoulée mm	Déficit d'écoulement mm	Coefficient d'écoulement %
1953	1425	(183)	(1242)	(12,8)
1954	1240	(85)	(1155)	(6,9)
1955	1365	(185)	(1180)	(13,6)
1956	890	(25)	(865)	(2,8)
1957	1370	(344)	(1026)	(25,1)
1958	770	5	765	0,7
moyenne	1177	(138)	(1039)	(11,7)

BASSIN du ZOU à ATCHERIGBE (6950 km²)

Année	Pluviométrie moyenne mm	Lame d'eau écoulée mm	Déficit d'écoulement mm	Coefficient d'écoulement %
1951	1180	88	1092	7,5
1952	1275	75	1200	5,9
1953	1370	144	1226	10,5
1954	1155	81	1074	7,1
1955	1350	211	1139	15,6
1956	925	15	910	1,6
1957	1320	266	1054	20,1
1958	770	12	758	1,6
1959	1295	64	1231	4,9
1960	1305	170	1135	13,0
moyenne	1195	113	1082	9,5

.../...

TABLEAU LXII

BASSIN de l'AGBADO à SAVALOU (déversoir barrage)
1280 km²

Année	Pluviométrie moyenne mm	Lame d'eau écoulée mm	Déficit d'écoulement mm	Coefficient d'écoulement %
1957	1340	239	1101	17,8
1958	850	19	831	2,2
1959	1300	111	1189	8,5
1960	1255	185	1070	14,7
moyenne	1186	139	1047	11,7

BASSIN de la BEFFA à VOSSA (1870 km²)

Année	Pluviométrie moyenne mm	Lame d'eau écoulée mm	Déficit d'écoulement mm	Coefficient d'écoulement %
1953	1340	144	1196	10,7
1954	1075	53	1022	4,9
1955	1485	(233)	(1252)	(15,6)
1956	955	15	940	1,5
1957	1700	(250)	(1450)	(14,7)
1958	900	9	891	1,0
moyenne	1243	(117)	(1126)	(9,4)

.../...

On trouvera, dans la série de tableaux qui précèdent, les valeurs des coefficients et déficits d'écoulement annuels calculés pour les stations de l'OUENE à BETEROU, de l'OUENE à SAVE, de l'OKPARA à KABOUA, du ZOU à ZOUDJI, du ZOU à ATCHERIGBE, de l'AGBADO à SAVALOU et de la BEFFA à VOSSA.

En vue d'étudier la corrélation entre le déficit d'écoulement de chaque année et la hauteur de précipitations correspondante, on a tracé les 4 graphiques (n° 83-86) relatifs aux stations de BETEROU, SAVE, KABOUA et ATCHERIGBE. La corrélation est assez bonne pour les stations correspondant aux bassins les plus septentrionaux : BETEROU et KABOUA ; elle est médiocre pour SAVE et encore plus pour ATCHERIGBE. Les régimes méridionaux à saisons des pluies plus étalées laissent une grande influence à la répartition des précipitations dans le temps, d'où une plus grande dispersion, cela sera encore plus accentué pour les coefficients d'écoulement.

Le déficit d'écoulement moyen calculé sur une dizaine d'années est de l'ordre de 1 100 mm pour l'ensemble des bassins. On remarque une légère tendance à l'augmentation de ce déficit en allant vers le Nord, avec de faibles variations d'un bassin à l'autre. Cette valeur relativement constante est normale car à la plus forte pluviométrie de la partie Nord correspond un coefficient d'écoulement également plus élevé.

A partir des lames d'eau reconstituées, nous avons calculé les déficits et coefficients moyens sur la période d'extension de 39 ans. Les valeurs ainsi trouvées diffèrent très peu de celles établies sur les dix dernières années, si ce n'est un déficit moyen un peu plus faible, correspondant à une pluviométrie moyenne interannuelle plus faible également. On peut donc admettre que les valeurs obtenues sur une dizaine d'années aux autres stations sont très voisines de celles qui seraient obtenues pour une longue période.

Comme on peut le voir sur le graphique 87, le coefficient d'écoulement moyen croît avec la pluviométrie moyenne du Sud au Nord. De l'ordre de 10% pour le bassin du ZOU à ATCHERIGBE, il passe à 17% pour le bassin de l'OUENE à BETEROU. Entre ces valeurs extrêmes, remarquons la valeur du coefficient d'écoulement de l'OUENE à SAVE, nettement plus forte que celui de l'OKPARA à KABOUA (15% contre 11%).

Il n'existe pas, par contre, de relation très satisfaisante entre les coefficients d'écoulements annuels et la pluviométrie annuelle correspondante. On a vu, en effet, dans

L'étude des modules et celle du deficit d'écoulement le rôle que jouait la répartition des précipitations au cours de la saison des pluies sur le ruissellement, de sorte que le coefficient d'écoulement dépend à la fois de la hauteur de précipitations et de la distribution mensuelle.

L'irrégularité interannuelle élevée des modules se comprend mieux si l'on considère que le plus faible coefficient d'écoulement annuel oscille autour de 1% seulement, ceci correspondant à l'année 1958. En année très humide, avec des pluies bien groupées, le coefficient annuel peut atteindre 25% sur les bassins de l'OUEME et il reste encore de l'ordre de 20% sur le ZOU.

TABLEAU LXIII

	Stations	OUENE à BETEROU	OUENE à SAVE	OKPARA à KABOUA	ZOU à ATCHERIGBE
	Surface du bassin km2	10 320	23 600	9 600	6 950
Période d'observation	Nombre d'années	9	10	10	10
	Pluviométrie moyenne (mm)	1 326	1 280	1 265	1 195
	Déficit moyen (mm)	<u>1 094</u>	<u>1 080</u>	<u>1 126</u>	<u>1 082</u>
	Coefficient moyen (%)	<u>17,5</u>	<u>15,6</u>	<u>11,0</u>	<u>9,5</u>
	Déficit maximal (mm)	1 347	1 280	1 377	1 231
	Déficit minimal (mm)	800	745	788	758
	Coefficient maximal (%)	2,5	25,2	16,6	20,1
	Coefficient minimal (%)	1,2	0,7	0,3	1,6
Période d'extension (1922-1960)	Pluviométrie moyenne (mm)	1 300	1 240	1 160	1 120
	Lame d'eau moyenne (mm)	224	190	125	114
	Déficit moyen (mm)	<u>1 076</u>	<u>1 050</u>	1 035	1 006
	Coefficient moyen (%)	<u>17,2</u>	<u>15,3</u>	10,8	10,2

O R S T O M

A0

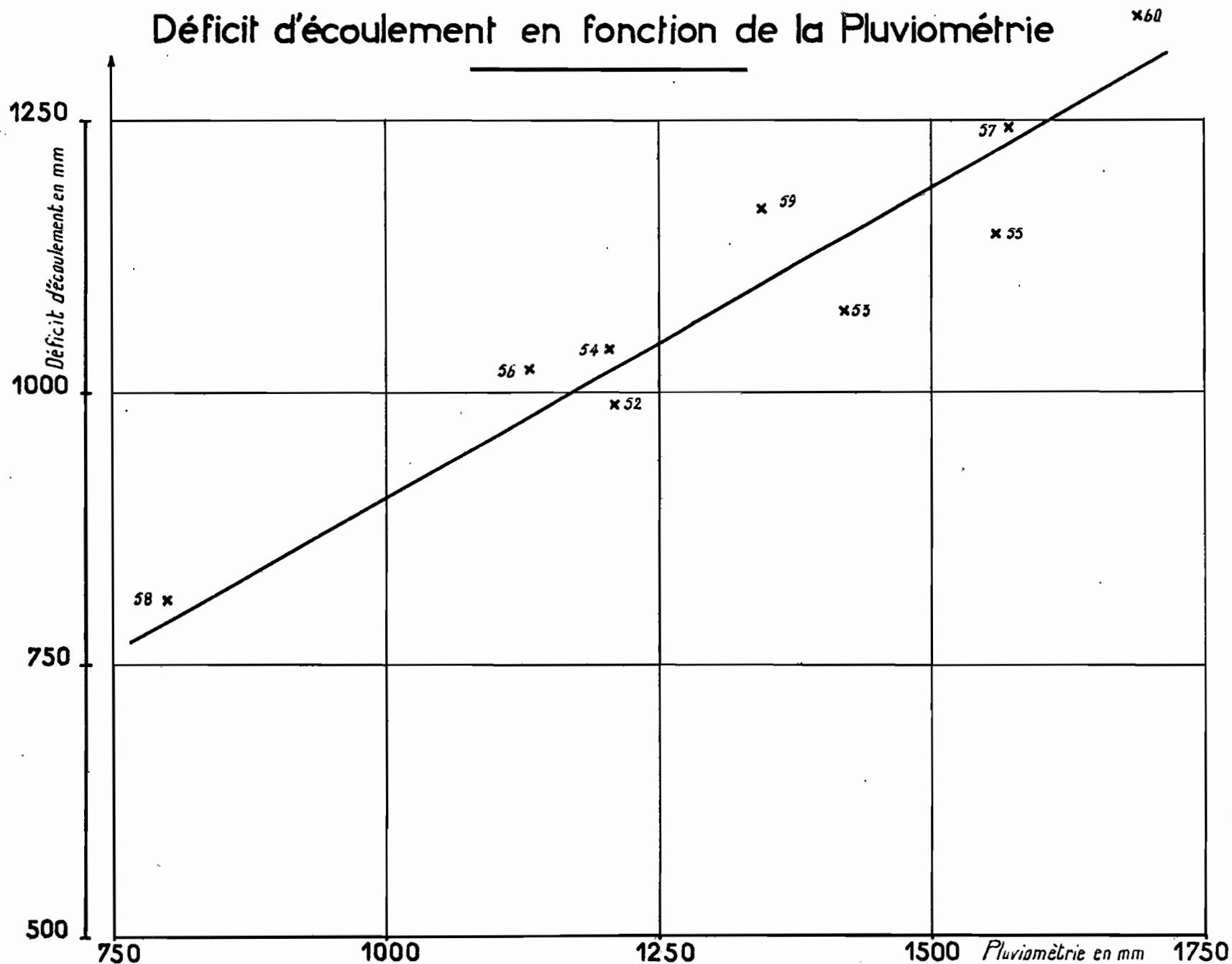
DATE: 7.5.1963

DESSINÉ: Goulienne J.

DAH_141088

L'OUÉMÉ A BÉTÉROU

Déficit d'écoulement en fonction de la Pluviométrie



Gr_83

C R S T C M

A0

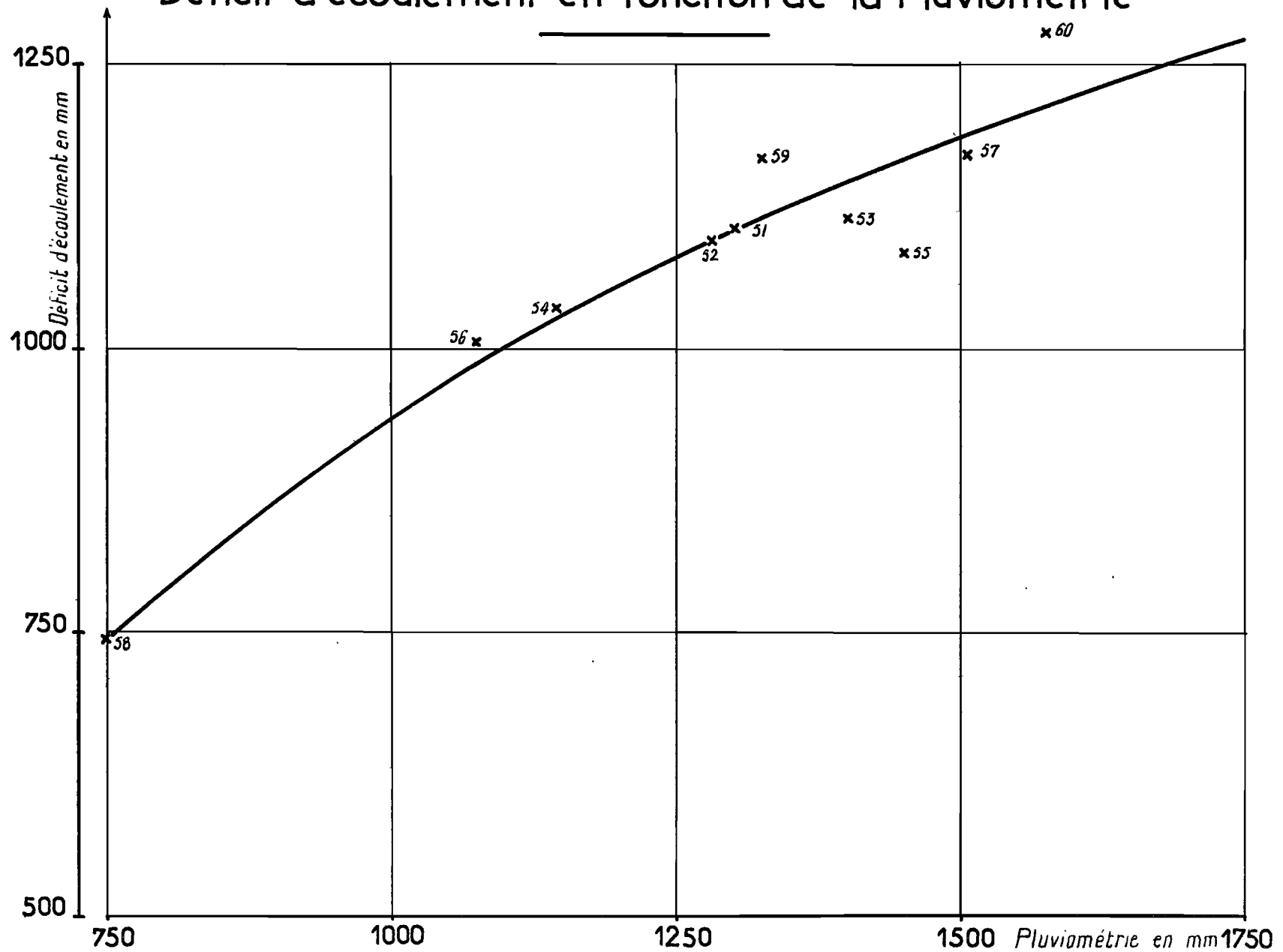
DATE: 6.5.1963

DESSINÉ: Gallienne J.

DAH-141089

L'OUÉMÉ A SAVÉ

Déficit d'écoulement en fonction de la Pluviométrie



Gr_84

C R S T C N

A0

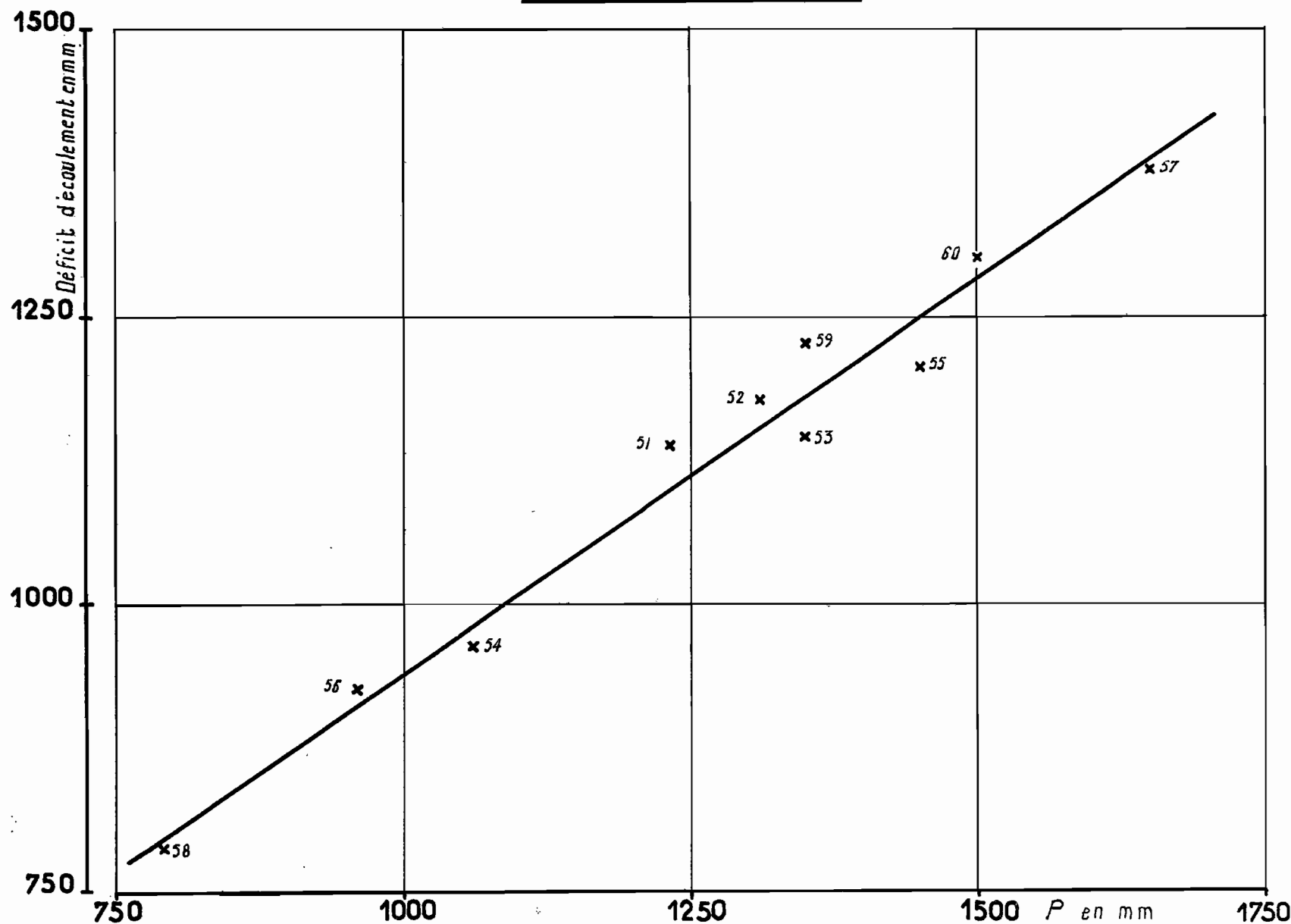
DATE: 7.5.1963

DESSINÉ: Gallienne J.

DAH_141090

L'OKPARA A KABOUA

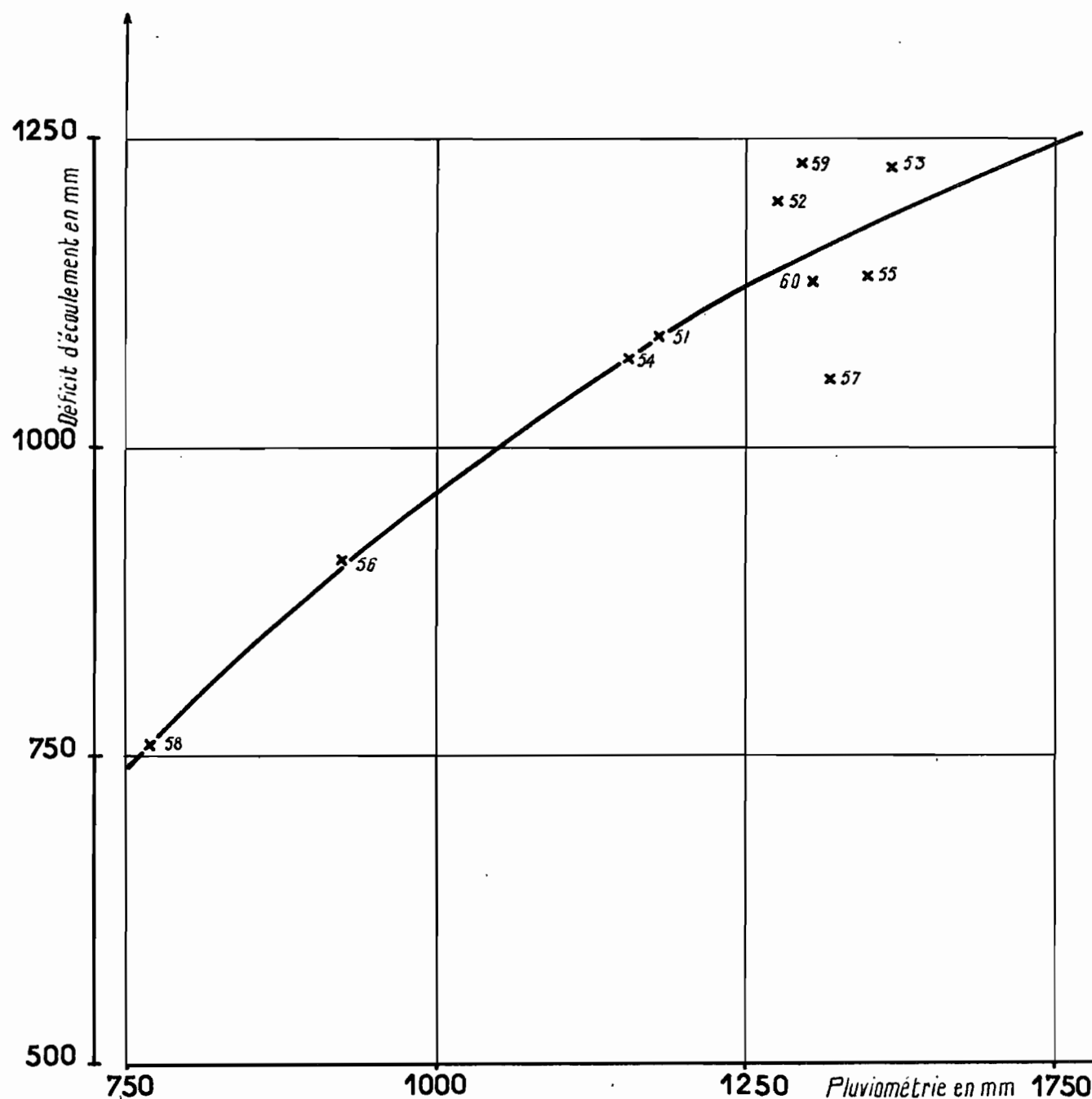
Déficit d'écoulement en fonction de la pluviométrie



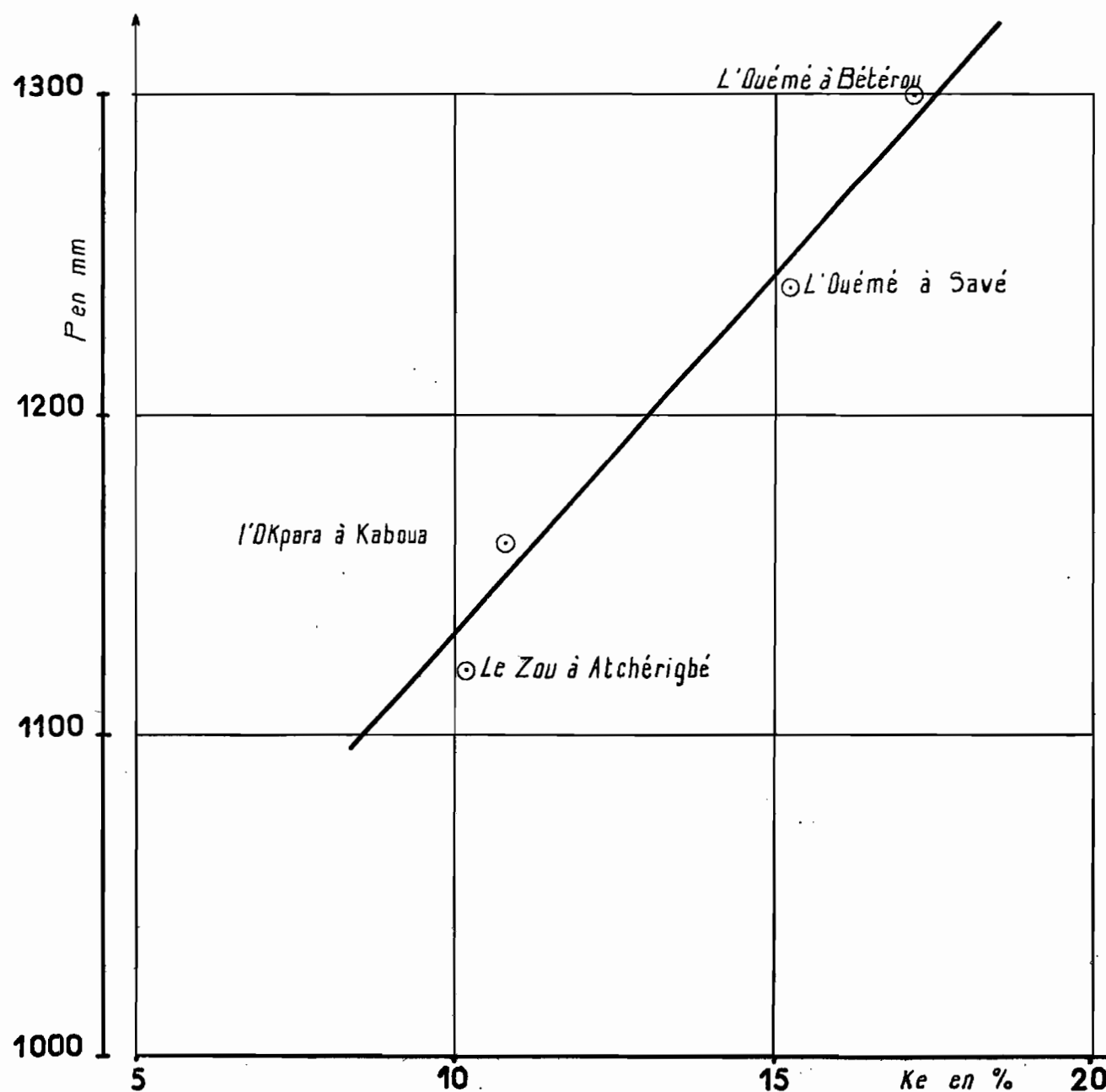
Gr_85

LE ZOU A ATCHÉRIGBÉ

Déficit d'écoulement en fonction de la Pluviométrie



Relation entre la Pluviométrie moyenne interannuelle
et
le coefficient d'écoulement moyen
1922-1960



Cours d'eau : OUEME
 Station : SAVE
 Superficie du bassin : 23 600 km²
 Pluviométrie moyenne sur 39 ans : 1240 mm

Module :

Moyenne de la période d'observation (10 ans) : 150 m³/s 6,3 l/s.km²

Valeurs sur 39 ans observés ou calculés

Moyenne	:	140 "	5,9 "
Décennale humide	:	250 "	10,5 "
Décennale sèche	:	37 "	1,6 "
Cinquantenaire humide	:	320 "	13,6 "

Irrégularité interannuelle : $K_3 = 7$

Crues :

Maximum observé sur 20 ans	:	2650 m ³ /s	112 l/s.km ²
Crue décennale estimée à	:	2000 "	85 "
Crue cinquantenaire estimée à	:	2750 "	117 "
Crue centenaire estimée à	:	3100 "	131 "

Eventualité : maximum de fréquence d'apparition du 1er Septembre au 10 Octobre.

Etiages :

Débit nul chaque année de un à 2 mois, en Avril surtout.

Déficit d'écoulement moyen (sur 39 ans) : 1050 mm

Coefficient d'écoulement moyen (sur 39 ans) : 15,3 %

Débits mensuels pour la période d'observation (m3/s)

```

=====
: Période: J : F : M : A : M : J : J : A : S : O : N : D :
: -----:
: 10 ans: 2,19: 0,24: 0,38: 0,31: 1,02: 34,3: 156: 383: 543: 460: 94,8: 11,8:
=====
    
```

Cours d'eau	: OKPARA
Station	: KABOUA
Superficie du bassin	: 9600 km ²
Pluviométrie moyenne sur 39 ans	: 1160 mm

Module :

Moyenne de la période d'observations (10 ans) : 42,3 m³/s 4,4 l/s.km²

Valeurs sur 39 ans observés ou calculés

Moyenne	: 38	"	4,0	"
Décennale humide	: 67	"	7,0	"
Décennale sèche	: 12	"	1,3	"
Cinquantenaire humide	: 88	"	9,2	"

Irrégularité interannuelle : K₃ = 5,5

C_v = 0,524

Crues :

Maximum observé sur 12 ans	: 535	m ³ /s	56	l/s.km ²
Crue décennale estimée à	: 500	"	52	"
Crue cinquantenaire estimée à	: 660	"	69	"
Crue centenaire estimée à	: 750	"	78	"

Eventualité : maximum de fréquence d'apparition du 11 au 20 Octobre.

Etiages :

Le débit s'annule quatre années sur cinq, de quelques jours à 6 semaines.

Débit d'écoulement moyen (sur 39 ans) : 1035 mm

Coefficient d'écoulement moyen (sur 39 ans) : 10,8 %

Débits mensuels pour la période d'observation (m³/s)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
10 ans	1,15	0,25	0,21	0,15	0,80	9,4	33,6	81,2	154	176	46,4	6,4

Cours d'eau : ZOU
 Station : ATCHERIGBE
 Superficie du bassin : 6950 km²
 Pluviométrie moyenne sur 39 ans : 1120 mm

Module :

Moyenne de la période d'observation
 (10 ans) : 24,8 m³/s 3,6 l/s.km²

Valeurs sur 39 ans observés ou calculés

Moyenne	:	25	"	3,6	"
Décennale humide	:	60	"	8,6	"
Décennale sèche	:	3	"	0,4	"
Cinquantenaire humide	:	90	"	13	"

Irrégularité interannuelle : K₃ = 20

Crues :

Maximum observé sur 12 ans	:	576	m ³ /s	83	l/s.km ²
Crue décennale estimée à	:	575	"	83	"
Crue cinquantenaire estimée à	:	730	"	105	"
Crue centenaire estimée à	:	800	"	115	"

Eventualité : maximum de fréquence d'apparition du ler au 10 Octobre.

Etiages :

Débits nuls de un à quatre mois.

Déficit d'écoulement moyen (sur 39 ans) : 1006 mm

Coefficient d'écoulement moyen (sur 39 ans) : 10,2 %

Débits mensuels pour la période d'observation (m³/s)

```

=====
: Période: J : F : M : A : M : J : J : A : S : O : N : D :
:-----:
: 10 ans: 0,01: 0,04: 0,25: 1,22: 7,6: 21,6: 52,7: 43,0: 73,8: 80,7: 13,5: 0,45:
=====
  
```

Cours d'eau : OKPARA
 Station : NANON
 Superficie du bassin : 2065 km²
 Pluviométrie moyenne sur 39 ans : 1260 mm

Module :

Moyenne de la période d'observation
 (6 ans) : 14,6 m³/s 7,1 l/s.km²

Crues :

Maximum observé sur 11 ans : 150 " 72,6 "

Etiages :

Débits nuls pendant plus de six mois.

Déficit d'écoulement moyen (sur 6 ans) : 1129 mm

Coefficient d'écoulement moyen (sur 6 ans): 16,5 %

Débits mensuels pour la période d'observation (m3/s)

```

=====
: Période: J : F : M : A : M : J : J : A : S : O : N : D :
:-----:-----:-----:-----:-----:-----:-----:-----:-----:-----:
: 6 ans : 0,1:0,09: 0 : 0 : 0,03: 1,2:10,3:32,4:61,1:59,8:(7,5): 0,7:
=====
  
```

Cours d'eau : ZOU
 Station : ZOUDJI
 Superficie du bassin : 2020 km²
 Pluviométrie moyenne sur 39 ans : (1220 mm)

Module :

Moyenne de la période d'observation
 (6 ans) : (8,8 m³/s) (4,4 l/s.km²)

Crues :

Maximums annuels inconnus car tarage insuffisant.

Etiages :

Débits nuls pendant plus de six mois.

Déficit d'écoulement moyen (sur 6 ans) : (1039 mm)

Coefficient d'écoulement moyen (sur 6 ans) : (11,7 %)

Débits mensuels pour la période d'observation (m³/s)

```

=====
: Période: J : F : M : A : M : J : J : A : S : O : N : D :
:-----:-----:-----:-----:-----:-----:-----:-----:-----:-----:-----:
: 6 ans: 0,01: 0 : 0,02: 0,3: (4,2): (7,1): (23,5): (25,0): (28,9): (25,2): 1,8: 0,1:
=====
    
```

Cours d'eau : BEFFA
 Station : VOSSA
 Superficie du bassin : 1870 km²
 Pluviométrie moyenne sur 39 ans : (1220 mm)

Module :

Moyenne de la période d'observation
 (6 ans) : (6,9 m³/s) (3,7 l/s.km²)

Crues :

Maximums annuels inconnus car tarage insuffisant.

Etiages :

Débits nuls pendant plus de six mois.

Déficit d'écoulement moyen (sur 6 ans) : (1126 mm)

Coefficient d'écoulement moyen (sur 6 ans): (9,4 %)

Débits mensuels pour la période d'observation (m³/s)

Période:	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
6 ans	0,2	0	0	0,3	0,4	3,3	(8,1)	(17,3)	(21,5)	(22,5)	8,1	1,6

Cours d'eau	: KLOU
Station	: LOGOZOHE
Superficie du bassin	: 300 km ²
Pluviométrie moyenne sur 39 ans	: inconnue

Module :

Moyenne de la période d'observation:
(9 ans) : 1,57 m³/s 5,2 l/s.km²

Crues :

Maximum observé sur 9 ans estimé à 72 m³/s (1960)

Etiages :

Débits nuls pendant plus de six mois.

Débits mensuels pour la période d'observation (m³/s)

Période :	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
9 ans	0,01	0,01	0,02	0,25	0,91	1,75	4,2	1,45	5,24	4,12	0,48	0,08

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- ORSTOM - Rapports d'activité et de tournées
- ORSTOM - Monographie du NIGER - NIGER SUPERIEUR et BANI 1958
NIGER MOYEN 1962
- ORSTOM - Monographie du KOUILOU NIARI 1960
- ORSTOM - Monographie du KONKOURE
- ORSTOM - Bassins Versants Expérimentaux du DAHOMEY 1960
- ORSTOM - Annuaire Hydrologique de la France d'Outre-Mer
Années 1949 à 1958
- J. RODIER - Régimes hydrologiques de l'Afrique Noire à l'Ouest
du CONGO (édition provisoire 1961)
- REMENIERAS - L'Hydrologie de l'Ingénieur - Edition EYROLLE 1960
- M. ROCHE - Hydrologie de surface - Edition GAUTHIER-VILLARS
1963
- LINSLEY-KOHLER-
PAULHUS - Applied Hydrology - Mc Graw Hill Book Company 1949
Hydrology for engineers " " " " 1958
- C. AUVRAY - Estimation des débits de crues décennaux en régime
tropical 1961
- H. HUBERT - Mission scientifique au DAHOMEY 1908
- R. POGNET - Précambrien du DAHOMEY - Thèse 1955, Université
de CLERMONT-FERRAND
- J. ARCHAMBAULT - Les eaux souterraines d'Afrique Occidentale 1960
- AKINDELE et
AGUESSY - Etudes dahoméennes - IFAN, PORTO NOVO
- H. GRISOLLET-
GUILMET-
ARLESY - Climatologie - Ed. GAUTHIER-VILLARS 1962
- KENDREW W.G. - The climates of the continents - Clarendon Press
OXFORD 1961
- PEGUY - Précis de Climatologie - MASSON 1961
- Annales des Services Météorologiques de la France
d'Outre-Mer
- E. MORICE-
F. CHARTIER - Analyses statistiques INSEE - Imprimerie Nationale
1954

CARTES

- Au 1/2.000.000 - DAHOMEY 1924
- Au 1/1.000.000 - PARAKOU 1947
Croquis routier TOGO-DAHOMÉY 1948
Cartes aéronautiques du Monde
NIGER Central n° 2783
VOLTA n° 2816
- Au 1/500.000 - PARAKOU 1926
PORTO NOVO 1926
Carte routière du DAHOMEY
- Au 1/200.000 - SOKODE II
SAVE III
DJOUGOU VIII
PARAKOU IX
NIKKI X
NATITINGOU XIV
BIMBEREKE XV
ABOMEY XX
- Au 1/100.000 - ZAGNANADO III DASSA ZOUME